

**ANALISIS SEISMISITAS DAN RISIKO BENCANA GEMPA
BUMI TEKTONIK DI KABUPATEN KERINCI DAN
SUNGAI PENUH PROVINSI JAMBI**

SKRIPSI



**DELVIYANA AYU NOKTAVIYANI
F1D315004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2021

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar – benar karya yang dibuat sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat adanya karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai tinjauan pustaka, kutipan dan acuan untuk mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 8 Juli 2021.

Yang Menyatakan

DELVIYANA AYU NOKTAVIYANI

F1D315004

RINGKASAN

Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai penuh menjadi salah satu daerah yang rawan akan bencana gempa bumi tektonik di Provinsi Jambi. Langkah mitigasi perlu dilakukan untuk meminimalisir kerusakan dan kerugian pasca gempa bumi tektonik. Mitigasi yang dilakukan adalah dengan memetakan daerah - daerah yang rawan akan mengalami bencana gempa bumi tektonik. Pemetaan dapat dilakukan dengan menerapkan beberapa metode diantaranya dengan analisis seismisitas dan *probabilistic seismic hazard analysis* (PSHA). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh memiliki nilai PGA dengan rentang nilai sebesar 0,2 – 0,9 g, SA (T =1 detik) dengan rentang nilai 0,2 – 0,8 g, SA (T = 2 detik) dengan rentang nilai 0,5 – 0,2 g dimana nilai tersebut terklasifikasi relatif sedang – tinggi. Implikasi dari nilai PGA dan SA yang terklasifikasi relatif sedang – tinggi menghasilkan daerah – daerah yang rawan akan bencana gempa bumi, yaitu daerah yang dekat dengan segmentasi Sesar Semangko. Kawasan daerah tersebut diantaranya yaitu Kecamatan Gunung Kerinci, Danau Kerinci, Sitinjau laut, Air hangat dan Sungai Penuh.

SUMMARY

Kerinci Regency and Sungai Penuh City are one of the areas that are prone to tectonic earthquakes in Jambi Province. Mitigation measures need to be taken to minimize damage and losses after tectonic earthquakes. Mitigation is carried out by mapping areas that are prone to tectonic earthquakes. Mapping can be done by applying several methods including seismicity analysis and probabilistic seismic hazard analysis (PSHA). The results of this study indicate that Kerinci and Sungai Penuh districts have PGA values with a value range of 0.2 - 0.9 g, SA (T = 1 second) with a value range of 0.2 - 0.8 g, SA (T = 2 seconds) with a value range of 0.5 - 0.2 g where the value is classified as relatively medium - high. The implications of the PGA and SA values which are classified as relatively medium - high produce areas that are prone to earthquake disasters, namely areas close to the Semangko Fault segmentation. These areas include Gunung Kerinci, Danau Kerinci, Sitinjau Laut, Air Hangat and Sungai Penuh.

**ANALISIS SEISMISITAS DAN RISIKO BENCANA GEMPA
BUMI TEKTONIK DI KABUPATEN KERINCI DAN
SUNGAI PENUH PROVINSI JAMBI**

S K R I P S I

Diajukan sebagai salah satu syarat dalam melakukan penelitian dalam rangka
penulisan Skripsi pada Program Studi Teknik Geofisika



**DELVIYANA AYU NOKTAVIYANI
F1D315004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOFISIKA
JURUSAN TEKNIK KEBUMIHAN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **ANALISIS SEISMISITAS DAN RISIKO BENCANA GEMPA BUMI TEKTONIK DI KABUPATEN KERINCI DAN SUNGAI PENUH PROVINSI JAMBI** yang disusun oleh **DELVIYANA AYU NOKTAVIYANI, NIM : F1D315004** telah dipertahankan didepan tim penguji pada tanggal 8 Juli 2021 dan dinyatakan lulus.

Susunan Tim Penguji

Ketua : Dr. Drs. Ngatijo, M.Si
Sekretaris : Ichy Lucya Resta, S.Pd, M.Si
Anggota : Drs. H. Nasri MZ, M.S
Ir. Yulia Morsa Said, M.T
Juventa, S.T., M.T

Disetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Dr. Drs. Ngatijo, M.Si
NIP 195709301985111001

Ichy Lucya Resta, S.Pd, M.Si
NIP 201509072034

Diketahui:

Dekan
Fakultas Sains dan Teknologi

Ketua Jurusan
Teknik Kebumian

Prof. Drs. H. Damris M, M.Sc., Ph.D
NIP 196605191991121001

Dr. Lenny Marlinda, S.T., M.T
NIP 197907062008122002

RIWAYAT HIDUP



Delviyana Ayu Nektaviyani dilahirkan di Tegal Jawa Tengah pada tanggal 8 Januari 1998 dari pasangan Bapak Muhammad Ali dan Rodiyah. Penulis mulai mengenyam bangku pendidikan dimulai sejak tahun 2009 di SDN 5 Kuala Tungkal, tahun 2012 di SMP Negeri 2 Kuala Tungkal dan tahun 2015 di SMK 1 Kuala Tungkal. Pada bulan Juli 2015 penuls terdaftar sebagai salah satu mahasiswa program studi Teknik Geofisika Universitas Jambi lewat jalur seleksi

bersama masuk perguruan tinggi (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dan terdaftar di beberapa organisasi kegiatan mahasiswa seperti menjadi anggota himpunan dan kepala divisi informasi dan komunikasi Himpunan Mahasiswa Tanjab Barat Universitas Jambi. Selain itu, dalam bidang akademik penulis pernah mendapatkan beasiswa PT. Petrochina pada tahun 2019.

PRAKARTA

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT dan kepada Baginda Rasulullah SAW, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “ **Analisis Seismisitas dan Resiko Bencana Gempa Bumi Tektonik di Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh Provinsi Jambi** “. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan program Srata -1, Program Studi Teknik Geofisika, Jurusan Teknik Kebumian, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada pihak yang terlibat dan membantu dalam penyusunan skripsi ini, antara lain :

1. Kedua Orang Tua, Wali Mahasiswi dan Adik yang telah memberikan dukungan kepada penulis baik dalam bentuk dukungan moril dan materialis.
2. Prof. Drs. Damris, M.Sc selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Drs. Ngatijo, M.Si dan Ichy Lucya Resta, S.Pd, M.Si, selaku pembimbing skripsi yang telah membimbing penulis dalam penyusunan skripsi.
4. Drs. H. Nasri MZ, M.S, Ir. Yulia Morsa Said, M.T dan Juventa, S.T., M.T, selaku penguji skripsi yang telah membimbing dan memberikan masukan positif dalam penulisan skripsi.
5. Ira Kusuma Dewi S.Si., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Geofisika.
6. Tri Ubaya, Yogaswara dan Sigit Eko sebagai pembimbing skripsi di instansi BMKG Padang Panjang.
7. Keluarga besar Teknik Geofisika angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Lutvia Arumsari alumni Teknik Geofisika angkatan 2014 yang menjadi rekan diskusi dalam penyusunan skripsi ini.
9. M. Panji Adhar yang selalu memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi.
10. Olo, Omer dan Delpa yang selalu memberikan energi positif dalam menyemangati pada saat pengerjaan skripsi.
11. Dan semua pihak yang terkait dalam membantu pengerjaan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebut satu – persatu.

Penulis juga mengucapkan permohonan maaf yang sebesar – besarnya atas adanya kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan kemampuan dari penulis. Sebab itu,

kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan sebagai acuan kedepannya sehingga penulis dapat memperbaiki kekurangan untuk penulisan karya ilmiah selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jambi, Juli 2021

DELVIYANA AYU NOKTAVIYANI

F1D315004

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN.....	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY.....	iii
HALAMAN JUDUL.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PRAKARTA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Penelitian Relevan	4
2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	5
2.3 Gelombang Seismik	11
2.4 Parameter Sumber Gempa.....	12
2.5 Teori <i>Elastic Rebound</i>	14
2.6 Pergerakan Lempeng Tektonik	14
2.7 <i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA)</i>	15
2.8 Sumber Gempa Bumi	17
2.9 Fungsi Atenuasi Pada Metode PSHA	18
2.10 Parameter <i>a-b value</i>	19
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Data dan Peralatan.....	20

3.3 Software Yang Digunakan.....	20
3.4 Metode Penelitian	21
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
V. KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1	Keterangan Formasi Batuan.....	10
2	Klasifikasi Nilai <i>a-b value</i>	19
3	Jadwal Pelaksanaan.....	20
4	Parameter Sumber Gempabumi Akibat Sesar di Daerah Penelitian	22
5	Nilai <i>a-b value</i> dan M_c	26
6	Hasil PSHA Per-Kecamatan	29
7	Daftar Kecamatan Terdampak Bencana Gempa Bumi Kerinci 1995	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Struktur Sumatera.....	7
2 Geologi Daerah Penelitian.....	9
3 Simulasi Gerakan Gelombang P dan S	12
4 Diagram Wadati	13
5 Jarak Hiposenter.....	13
6 Model <i>Elastic Rebound</i>	14
7 Tahap 1-4 Analisis Resiko Gempa Probabilistik PGA.....	16
8 Tahap 5-6 Analisis Resiko Gempa Probabilistik PGA.....	16
9 Diagram Alir Penelitian	24
10 Peta Seismisitas Di Daerah Penelitian	26
11 Nilai <i>a-b value</i> Untuk Beberapa Kedalaman	27
12 Peta PGA dan SA untuk probabilitas 10% dalam 50 Tahun	28
13 Perbandingan Peta PGA dan SA pengolahan dan Peta PUSGEN	31

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh dikategorikan rawan bahaya bencana gempa bumi tektonik di wilayah Provinsi Jambi. Kerawanan dari bahaya gempa bumi tektonik disebabkan oleh keberadaan sumber penyebab gempa tektonik yaitu Sesar Sumatera atau dikenal sebagai Sesar Semangko. Sesar Semangko terbentang mulai dari Aceh hingga Selat Sunda dengan panjang sesar berkisar ± 1900 kilometer (Sieh dan Natawidjaja, 2000). Sesar Semangko dikategorikan relatif aktif dengan aktivitas pergeseran sesarnya berarah menganan. Sesar Semangko terbagi menjadi 19 segmen utama dengan masing – masing panjang segmen berkisar 60 – 200 km. Dari 19 segmen utama tersebut, yang memicu penyebab terjadinya gempa di daerah penelitian berjumlah 3 segmen. Segmen sesar tersebut ialah Sesar Siulak, Sesar Suliti dan Sesar Dikit. Aktifitas seismik yang dihasilkan dari 3 sesar ini dapat dibuktikan dari hasil analisis laju pergeseran sesarnya. Sesar Siulak menunjukkan aktivitas pergeseran sesar sebesar 10 - 14 mm/tahun, Sesar Dikit menunjukkan aktivitas pergeseran sesar sebesar 11 mm/tahun dan Sesar Suliti dengan aktivitas pergerakan sesar sebesar 14 mm/tahun. Berdasarkan sejarah kegempaan yang pernah terjadi di Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh pada tahun 1908 dan 1995 (Pusat Gempa Nasional, 2017), segmen sesar yang melewati Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh menjadi pemicu terjadinya gempa bumi tektonik dengan kekuatan yang besar sehingga mengakibatkan bencana pasca gempa diantaranya banyaknya kerusakan infrastruktur dan kehilangan korban jiwa. Kerusakan infrastruktur berat dari gempa bumi tektonik menjadi salah satu penyebab banyaknya kehilangan korban jiwa. Pencegahan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir dampak pasca gempa bumi tektonik dapat dilakukan dengan memetakan daerah rawan bencana. Pemetaan rawan gempa bumi tektonik dapat diaplikasikan sebagai acuan dalam pembangunan tata kota yang aman dari dampak gempa bumi tektonik.

Penelitian mengenai pemetaan kebencanaan gempa bumi sudah pernah dilakukan pada periode tahun 2010 dan 2017 oleh Pusat Gempa Nasional. Pemetaan tersebut terdiri dari beberapa gabungan metode diantaranya dengan menggunakan metode PSHA (*probabilistic seismic hazard analysis*). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa daerah Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai penuh yang dilewati oleh segmentasi Sesar Semangko memiliki nilai PGA (*Peak ground acceleration*) untuk beberapa probabilitas tertentu tergolong relatif tinggi. Nilai PGA yang relatif tinggi disuatu daerah, menandai daerah tersebut diprediksi akan dapat mengalami potensi bencana gempa bumi (Pusat Gempa Nasional, 2017). Hasil penelitian terdahulu yang telah dipublikasikan oleh pusat gempa nasional periode tahun 2010 dan 2017

haruslah diperbaharui untuk dapat diketahui perkembangan pemetaan rawan kebencanaannya. Pembuatan peta rawan bencana gempa bumi dapat dilakukan dengan mengamati penyebaran seismisitas dan menerapkan metode PSHA.

Analisis seismisitas digunakan untuk melihat persebaran hiposenter gempa bumi yang terjadi disuatu daerah. Persebaran hiposenter diproyeksikan kedalam sebuah peta untuk mengetahui posisi gempa tersebut sehingga dapat diketahui penyebab terjadinya gempabumi tektonik. Kelebihan dari metode ini ialah analisis masih bersifat sederhana karena hanya melihat persebaran hiposenter gempa. Kekurangan metode ini ialah hasil analisis seismisitas tidak dapat menjadi acuan untuk memetakan daerah rawan bencana gempa bumi tektonik. Oleh karena itu, dibutuhkan metode lain untuk mendapatkan parameter tambahan untuk memperkuat hasil analisis seismisitas. Metode lain tersebut ialah metode PSHA .

Metode PSHA (*Probabilistic Seismik Hazard Analysis*) merupakan salah satu metode yang tepat untuk memetakan daerah yang memiliki risiko gempa bumi sebagai antisipasi dan meminimalisir korban jiwa maupun kerugian materi. Teori analisis probabilitas total diperkenalkan pertama kali oleh (Cornell,1968) yang kemudian dikembangkan oleh (McGuire,1995). Keunggulan metode PSHA adalah mempertimbangkan untuk memasukkan pengaruh faktor-faktor ketidakpastian dalam analisis ukuran, lokasi dan frekuensi kejadian gempa, sehingga faktor-faktor ketidakpastian ini dapat diidentifikasi, dihitung lalu digabungkan dengan metode pendekatan yang rasional untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang kejadian gempa serta mampu mengintegrasikan bahaya gempa pada suatu *site* terhadap berbagai macam sumber gempa (Fauzi, 2011). Hasil yang didapatkan dalam analisis PSHA diantaranya nilai percepatan pergerakan tanah, dan indeks seismisitas pada daerah tersebut. Parameter tersebut berperan dalam pembuatan peta bahaya dampak bencana gempa bumi. Oleh karena itu, penelitian dengan judul **“Analisis Seimisitas dan Risiko Bencana Gempa Bumi Tektonik Di Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh Provinsi Jambi”** dilakukan sebagai salah satu langkah mitigasi yang memuat informasi penting daerah – daerah mana saja yang harus diwaspadai rawan bencana gempa bumi tektonik.

1.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil perhitungan dengan metode PSHA untuk probabilitas 10 % dalam 50 tahun untuk PGA $T= 0$ Detik, spektra analisis (SA) untuk $T = 0,2$ Detik dan spektra analisis (SA) untuk $T = 1$ Detik ?
2. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan PSHA yang diteliti dengan Peta Gempa Indonesia Tahun 2017 untuk probabilitas 10% dalam 50 tahun ?

3. Dimana saja daerah yang memiliki bahaya gempa bumi berdasarkan metode PSHA dan berapa besaran nilai PGA dan SA pada daerah yang terkena dampak gempa paling parah berdasarkan sejarah gempa terdahulu?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui hasil perhitungan dengan metode PSHA untuk probabilitas 10 % dalam 50 tahun $T= 0$ Detik, spektra analisis (SA) untuk $T = 0,2$ Detik dan spektra analisis (SA) untuk $T = 1$ Detik.
2. Mengetahui perbandingan hasil perhitungan probabilistic yang dilakukan dengan Peta Gempa Indonesia Tahun 2010 dan 2017 untuk periode ulang 50 Tahun dengan tingkat probabilitas 10%.
3. Mengetahui daerah mana saja pada daerah penelitian yang memiliki tingkat bahaya gempa bumi paling tinggi sebagai acuan untuk melakukan mitigasi bencana gempa bumi.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi terkini terkait dengan kebencanaan gempa bumi di wilayah sekitar Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh berdasarkan analisis probabilitas kegempaan didaerah tersebut.
2. Dapat membandingkan informasi terdahulu dan informasi terbaru mengenai potensi bencana kegempaan didaerah penelitian.
3. Memberikan kontribusi terhadap mitigasi bencana gempa bumi dengan mengetahui potensi daerah yang rawan akan terjadinya gempa bumi berdasarkan hasil dari analisis seismisitas, perhitungan PSHA dan penggunaan data citra satelit.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Relevan

Pendugaan bahaya kegempaan dibatuan dasar dilakukan dengan metode PSHA di wilayah Lampung. Penelitian tersebut dilakukan untuk menentukan besar nilai percepatan tanah maksimum dibatuan dasar. Perhitungan estimasi nilai bahaya kegempaan dilakukan dengan menggunakan program PSHA USGS 2007. Hasil dari penelitian ini adalah sebaran nilai bahaya gempa dibatuan dasar untuk probabilitas 10% dalam 50 tahun pada kondisi PGA (T=0 detik) sebesar 0,1 – 1,3 g dan probabilitas 2% dalam 50 tahun pada kondisi PGA (T=0 detik) sebesar 0,1 g – 1,3 (Pangaribuan, 2019). Studi *hazard seismik* dan hubungannya dengan intensitas *seismik* di pulau Sumatera dan sekitarnya hasilnya diperoleh beberapa kota besar di Sumatra yang mempunyai hazard seismik tinggi seperti : Banda Aceh, Padang, Bengkulu dan Bandar Lampung. Hasil studi hubungan empiris antara nilai percepatan tanah maksimum (PGA) rata - rata dan data intensitas seismik (MMI) observasi diperoleh rumusan : $I \text{ (MMI)} = 0.008 * \text{PGA (gal)} + 3.159$ (Edy, 2011). Pemetaan bahaya kegempaan di wilayah Provinsi Banten dilakukan dengan menggunakan metode PSHA. Banten adalah salah satu daerah dengan aktifitas seismik yang sangat tinggi karena berada diantara zona subduksi Sumatra dan Jawa maka daerah ini butuh dilakukan mitigasi dengan memetakan daerah yang rawan. Hasil pemetaan dengan menerapkan metode PSHA dengan probabilitas 2% dalam 50 tahun didapatkan nilai PGA (T=0 detik) dibatuan dasar wilayah Banten yaitu 0,39 – 0,49 g, T=0,2 detik sebesar 0,69-0,87 g, dan T = 1 detik sebesar 0,27 – 0,30g (Solihin, 2018).

Penggunaan Metode PSHA untuk analisis hazard gempa dan usulan *ground motion* pada batuan dasar untuk kota Jakarta hasilnya menunjukkan bahwa percepatan maksimum batuan dasar (PBA) di kota Jakarta (0.239 g) lebih besar dibanding PBA untuk kota Jakarta menurut SNI 03-1726 - 2002 (0.15 g) (Hutapea, 2019). Analisis risiko gempa bumi dilakukan di Kabupaten Bantul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bantul merupakan daerah yang termasuk dalam kategori bahaya terhadap gempa bumi dengan probabilitas di atas 15% (Ananto, 2016). Analisis *hazard* gempa dan isoseismal dilakukan di wilayah Jawa – Bali – NTB Hasil analisis *hazard* gempa menunjukkan nilai percepatan tanah maksimum (PGA) di batuan dasar Pulau Jawa, Bali dan NTB bervariasi dari 0,05 g - 0,5 g. Secara umum, rentang nilai percepatan tersebut relatif hampir sama dengan Peta Gempa Indonesia 2010. Kurva *hazard* gempa di beberapa kota besar di Pulau Jawa menunjukkan gempa dalam sangat berpengaruh di Kota Serang, Jakarta dan Surabaya. Sumber gempa sesar dominan mempengaruhi hazard di Kota Bandung, Yogyakarta dan Semarang. Analisis isoseismal gempa Tasikmalaya 2 September 2009 dan 26 Juni

2010 menunjukkan daerah di selatan Pulau Jawa bagian barat mengalami guncangan yang cukup kuat sekitar VII – VIII MMI (0,25 g – 0,3 g) yang bersesuaian dengan peta *hazard* hasil *combine source*.

Pemetaan nilai percepatan getaran tanah maksimum di Zona *megathrust* Propinsi Nusa Tenggara Barat dilakukan dengan metode PSHA. Hasil yang didapatkan berupa nilai PGA 0,04 – 0,1 g untuk probabilitas 10% dalam 50 tahun sedangkan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun nilai PGAnya sebesar 0,08 – 0,3 g (Kurniawan, 2017). Peta kontur percepatan gerakan tanah maksimum untuk upaya mitigasi bencana gempa bumi tektonik dibuat dengan berdasarkan metode PSHA. Berdasarkan peta *hazard* yang telah dihasilkan maka di wilayah Jakarta Timur untuk probabilitas 10% dalam 50 tahun menghasilkan nilai PGA sebesar 0,03 g – 0,15 g. Jakarta timur merupakan wilayah yang cukup stabil dengan tingkat bahaya gempa bumi yang termasuk rendah (Kumala, 2018). Pendekatan *probabilistic* untuk penilaian Bahaya akibat gempa bumi di kawasan Universitas Padjajaran Jatinangor dilakukan dengan menerapkan metode PSHA. Penilaian bahaya gempa bumi dilingkungan ini perlu dilakukan karena sebagai salah satu kampus yang rawan terhadap bahaya kegempaan. Hasil PSHA yang didapatkan untuk probabilitas 2% dalam 50 tahun adalah nilai PGA sebesar 0,576-0,604 g, T=0,2 detik sebesar 1,402 – 1,479 g dan T = 1 detik sebesar 0,528 – 0,571 g (Sulastri, 2016). Studi analisis bahaya seismik di daerah Majalengka penting dilakukan sebagai mitigasi bahaya gempa bumi. Metode yang digunakan dalam pemetaan bahaya seismik dilakukan berdasarkan nilai PGA dan spektra analisis dari metode PSHA. Hasil yang didapatkan berdasarkan probabilitas 10% dalam 50 Tahun ialah nilai PGA sebesar 0,293 – 0,339 g, SA (T=0,2 detik) sebesar 0,64 – 0,917 g dan SA (T=1 detik) sebesar 0,201 – 0,413 g (Kaisuku, 2018).

2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

Dalam membahas suatu objek daerah penelitian, maka terlebih dahulu diuraikan mengenai karakteristik geologi secara regional. Geologi regional tersebut berupa fisiografi, stratigrafi, dan struktur geologi yang terdapat di daerah penelitian.

Fisiografi Daerah Penelitian

Pulau Sumatera memiliki 6 zona fisiografi. Zona – zona fisiografi tersebut adalah Zona Bukit Barisan, Zona Pegunungan Tiga Puluhh, Zona Dataran Rendah, Zona Dataran Bergelombang, Zona Paparan Sunda, Zona Kepulauan Busur Luar Zona Sesar Semangko. Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh berada pada ketinggian antara 100 – 1000 m dpl. Wilayah kota yang memiliki ketinggian 100 – 500 m dpl mencapai 0,5 %, wilayah kota yang memiliki ketinggian 500 – 1000 m dpl mencapai 52, 59%, sedangkan wilayah kota yang memiliki ketinggian > 1000 m dpl

sebesar 46,90 % dari luas wilayah. Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh termasuk kedalam Zona Bukit Barisan dan Zona Sesar Sumatera. Zona Bukit Barisan adalah suatu zona perbukitan yang terbentang sepanjang ± 1.650 Km, lebar 100 km dengan arah orientasinya Tenggara – Barat Laut. Puncak Indera Pura dengan ketinggian ± 3.800 m yang terletak di Gunung Kerinci merupakan Puncak Tinggian dari Zona Bukit Barisan. Zona Bukit Barisan diinterpretasikan terbentuk oleh geotektonik Sistem Pegunungan Sunda yang orientasi awalnya berarah Tenggara – Barat Laut menjadi Barat – Timur yang berada di Pulau Jawa. Secara umumnya Zona Bukit Barisan berasosiasi dengan Gunung Api Aktif yang terletak di jalur Bukit Barisan.

Zona Sesar Sumatera atau yang lebih dikenal sebagai Zona Sesar Semangko merupakan Zona yang memiliki pola memanjang. Pola memanjang ini terbentang mengikuti fisiografi dari Zona Bukit Barisan. Zona Sesar Semangko berbentuk Geantiklin yang memanjang dengan bentuk depresi. Zona Sesar Semangko terbentang mulai dari Semangko Sumatera Selatan – Lampung. Daerah puncak dari Zona Sesar Semangko hingga ke Bagian Barat Laut di Kotaradja Aceh berbentuk suatu lembah dan merupakan batas akhir dari zona ini (Van Bemmelen, 1949).

Struktur Geologi

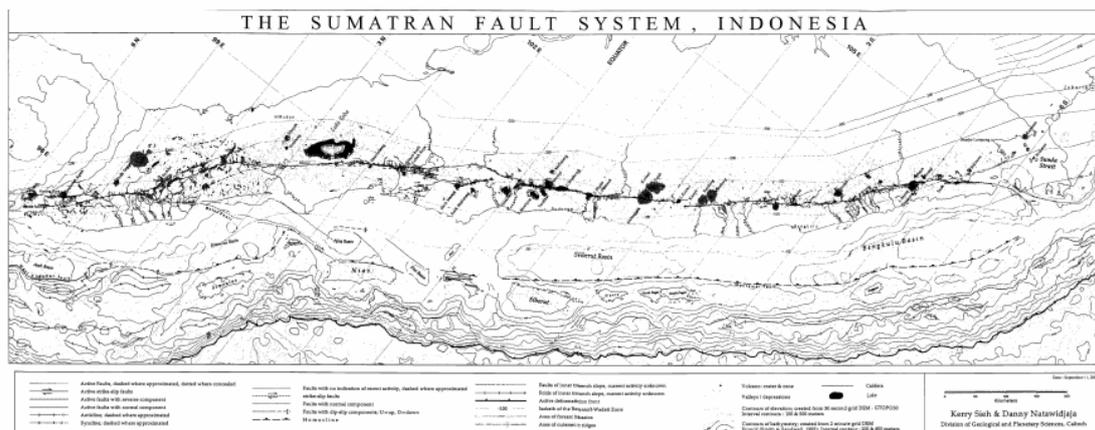
Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian adalah struktur sesar dan beberapa kelurusan. Kondisi struktur batuan di wilayah penelitian umumnya ditandai dengan adanya sesar atau patahan dan gejala-gejala perlipatan. Patahan-patahan yang ada merupakan segmen dari sistem patahan besar Sumatera yang dikenal dengan Patahan Semangko (**Gambar 1**). Terdapat 3 Patahan atau Sesar yang mempengaruhi dalam penelitian ini, yaitu :

Sesar Siulak berada di arah Barat Laut – Tenggara. Sesar ini melalui Sungai Siulak. Sesar ini terbentang cukup panjang dari Barat Laut sampai bagian Selatan membatasi Danau Kerinci dan menerus sampai Sungai Meping. Sesar Siulak terbentuk dari lajur tunjaman antara lempeng Samudera Hindia dan lempeng Benua Asia yang terletak di sebelah Timur Pulau Sumatera. Sesar Siulak mulai aktif sejak miosen tengah.

Sesar Suliti memiliki panjang segmen sesar berkisar 90 Km dan aktifitas pergeserannya berkisar ± 23 mm/tahun. Ujung Utara dari segmen Sesar Suliti berada pada Danau Diatas dan Danau Dibawah dengan lebar zona 4 Km di wilayah tersebut. Patahan Sumatera menelusuri lembah Suliti ke Tenggara hingga anak – anak Sungai Liki di Barat Laut Gunung Kerinci.

Sesar Dikit terdiri dari dua sesar yang hampir sejajar terbentang dari Gunung Pandan di sepanjang Sungai Langkup sampai Gunung Kunyit. Sesar Dikit diduga berumur Plio- Plistosen. Sesar ini dikatakan masih memiliki aktifitas pergeseran

berarah mengangan. Bukti adanya aktifitas pergeseran Sesar Dikit dapat dilihat dari neotektonika di Sungai Nyabu dan Sungai langkup (Kusnama, 1993).



Gambar 1. Struktur Sumatera (Siah dan Natawidjaja, 2000).

Tektonik

Evolusi tektonik Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai penuh sangat berkaitan dengan pergerakan tektonik di Sumatera. Tektonik di Sumatera dikontrol oleh batas antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia bagian Tenggara. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah Utara sampai $N26^{\circ}$ dengan kecepatan 60-70 mm/tahun (Newcom and McCann, 1987). Karena arah subduksi ini membentuk sudut dengan batas lempeng, maka timbul dua buah sesar besar yakni Sesar Sumatera (Van Bemmelen, 1949) dan Sesar Mentawai (Zen Jr, 1992; M. Kemal, 1993). Sesar Sumatera memiliki aktivitas yang tinggi sementara Sesar Mentawai hanya sebagiannya saja yang memiliki aktivitas yang cukup tinggi (Harjono, 1992). Aktivitas dari subduksi dan pergeseran sepanjang sesar menimbulkan peristiwa gempa bumi yang kerap menimbulkan korban. Khusus gempa di laut terdapat pula potensi munculnya tsunami. Akibat dari konvergensi lempeng menghasilkan tatanan tektonik yang cukup kompleks pada pembentukan Sumatra. Berdasarkan hal ini, fase tektonik Sumatra dibagi menjadi tiga sebagai berikut.

Devon-Permian Akhir. Pada fase ini terjadi koalisi antara blok Sibumasu dan East Malaya/ Indo-china bersamaan dengan pembentukan *basement* batuan. 12 Kegiatan tektonik ini menyebabkan pembentukkan akresi (tinggian) yang mengangkat dan membuat batuan tua tersingkap ke permukaan, dimana Formasi Ngaol dan Formasi Barisan mengalami pengangkatan, perlipatan dan mungkin metamorfisme. Akresi ini juga penyebab terbentuknya Paparan Sunda, Pulau Berhala dan Jalur Timah Asia.

Trias-Jura. Pada fase ini terjadi kegiatan tektonik berupa transcurrent system (sesar mendatar) antara blok Sibumasu dan blok Sumatra Barat. Pada fase ini terjadi patahan akibat pergerakan dari kedua blok yang menyebabkan beberapa bagian di Sumatra terangkat dan membentuk jalur patahan memanjang. Dari patahan ini juga menjadi awal cikal bakal sesar Sumatra yang membujur dari Lampung hingga Aceh. Kegiatan tektonik ini juga menyebabkan terbentuknya Perbukitan Tigapuluh dan menyingkap batuan-batuan tua seperti yang terdapat pada Formasi Mentulu.

Kapur Akhir. Pada fase ini juga terjadi kegiatan tektonik antara blok Sumatra Barat dan blok woyla yang menyebabkan terbentuknya sesar-sesar naik, hal ini ditandai dengan tersingkapnya Batugamping dan rijang ke permukaan. Hal ini juga diikuti oleh terobosan Jura di bagian Timur serta terobosan Kapur di bagian Barat. Selain terobosan Granitan tektonik Kapur juga ditandai oleh pengangkatan secara regional, metamorfisme dan pensesaran. Pensesaran yang terjadi mengontrol pembentukan Bukit Barisan.

Paleogen (Neogen). Pada fase ini terjadi magmatisme yang menjadi alasan terbentuknya Formasi Nagan, Formasi Bandan, dan Formasi Granitoid Langkup. Selanjutnya pada Oligosen-Miosen, pulau Sumatra mengalami rotasi yang mengalihkan dari *pure shear* menjadi *simple shear*. Kegiatan ini menyebabkan terbentuknya berbagai macam struktur berupa sesar naik, sesar turun, dan sesar mendatar. Kegiatan ini juga menyebabkan terbentuknya batuan-batuan sedimen, kegiatan magmatisme, dan juga vulkanisme kuartar seperti Gunung Kerinci, Gunung Api yang bersifat asam yang berlanjut sampai Kuartar dengan susunan Dasit-Andesit dan Basal.

Menurut catatan kegempaan, dalam kurun waktu 100 tahun terakhir, paling tidak telah dua kali bencana gempa bumi tektonik yang cukup signifikan melanda daerah Kerinci, Jambi. Akibat bencana tersebut, telah merubah tatanan geologi di wilayah ini yang meliputi bentang alam, struktur geologi, sifat fisik batuan, tataguna lahan dan memicu bencana lainnya. Bencana gempa bumi yang terjadi tahun 1908 berpusat di daerah pertemuan antara segmentasi Dikit dan segmentasi Siulak-Batang Merangin. Sedangkan bencana yang terjadi pada tahun 1995 terjadi antara segmentasi Siulak-Batang Merangin dengan Batang Saliti. Pengamatan mikroseismetik pada kejadian itu menunjukkan bahwa daerah kerusakan yang berat dijumpai di 3 lokasi, yaitu Semurup, Jujun, dan Hiang.

Tabel 1. Keterangan Formasi Batuan

No	Nama Formasi	Litologi Batuan
1	Alluvium (Qa)	Bongkah, kerikil, pasir, lanau, lumpur dan lempung.
3	Batuan Gunungapi Andesit-Basal (Qv)	Lava bersusunan andesit-basal, tuf dan breksi lahar. Sumber G. Pandan, G. Kunyit, G. Raya, G. Kebongsong dan G. Medan.
4	Satuan Batuan Gunung Api-Rio Andesit (Qtv)	Lava bersusunan riolit, dasit dan andesit, tuf padu dan tuf hybrid, tuf sela dan breksi gunungapi berbatuapung.
6	Formasi Pengasih (Qtpe)	Batulempung, batulanau, batupasir berbatuapung dengan sisipan lignit dan konglomerat aneka bahan.
7	Formasi Kumun (Tmk2)	Batupasir, konglomerat, breksi, sisipan lignit dan tuf.
9	Formasi Seblat (Tpgr)	Batupasir, konglomerat, selalng seling serpih gampingan dengan batugamping, batulanau, batulempung gampingan dan batupasir.
10	Formasi Hulusimpang (Tomh)	Lava, breksi gunungapi dan tuf terubah, bersusunan andesit, basal.
11	Formasi Bandan (Tb)	Tuf Padu, breksi gunungapi dan tuf konglomerat.
12	Formasi Peneta (Kjp)	Serpih tufan dengan sisipan batu gamping.
13	Formasi Asai (Ja)	Perselingan batusabak, filit, batulempung meta, batulana meta dengan sisipan batupasir meta dan tuf..
17	Granit (Jgr)	Granit
18	Basal (Tpb)	Basal
19	Sungai Penuh Granite (Tpgds)	Granit
20	<i>Jurassic</i> Sedimen (Js)	Sedimen berumur jura
21	Lava (Qyl)	
22	Nagan Granodiorite (Tpegd)	Granodiorite

2.3 Gelombang Seismik

Gelombang seismik adalah rambatan energi yang disebabkan karena adanya gangguan di dalam kerak bumi, misalnya adanya patahan atau adanya ledakan. Energi ini akan merambat ke seluruh bagian bumi yang dapat terekam oleh seismometer. Efek yang ditimbulkan oleh adanya gelombang seismik ini adalah apa yang kita kenal sebagai fenomena gempa bumi. Perambatan gelombang seismik tergantung dari sifat elastisitas yang dimiliki oleh suatu batuan. Gelombang seismik yang melalui bidang interior bumi disebut Gelombang Badan sedangkan gelombang seismik yang merambat melalui luar bumi disebut Gelombang Permukaan (Munadi, 2002).

Gelombang Badan (*Body Wave*). Gelombang badan adalah gelombang seismik yang merambat hingga ke dalam bumi. Berdasarkan gerak partikel pada media dan arah penjarannya, gelombang badan dapat dibedakan atas gelombang P (*P-wave*) dan gelombang S (*S-wave*).

P-wave atau Gelombang Primer. Gelombang P atau disebut juga gelombang primer adalah gelombang yang pertama kali tercatat di alat seismometer. Hal ini disebabkan karena gelombang ini memiliki kecepatan yang paling cepat dibandingkan gelombang seismik yang lain. Bentuk penjaran gelombang P adalah longitudinal dimana arah gelombang sejajar dengan arah penjarannya. Gelombang P dapat menjalar di semua medium. Arah getarannya kedepan dan kebelakang sehingga materi yang dilaluinya mengalami tekanan dan peragangan seperti spiral. Oleh karena itu, sering disebut dengan *Push-Pull Wave* atau *Compressional Wave*. Persamaan dari kecepatan gelombang P adalah :

$$V_p = \alpha = \frac{\sqrt{\lambda + 2\mu}}{\rho}$$

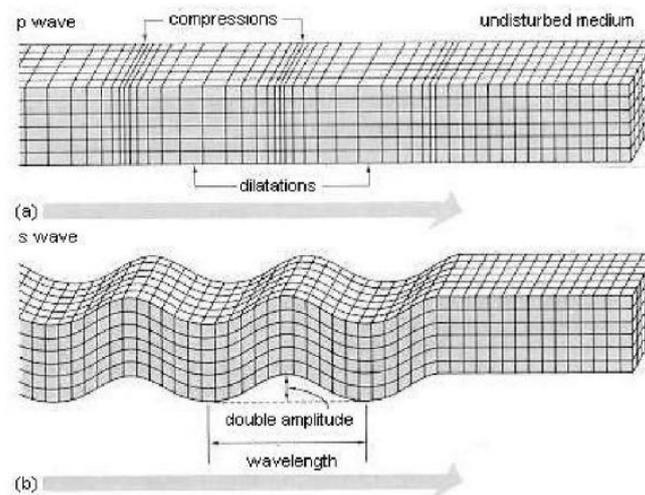
dimana V_p adalah kecepatan gelombang P, λ adalah parameter *Lame*,

S-wave atau Gelombang Sekunder. Gelombang S atau gelombang sekunder adalah gelombang seismik yang hanya merambat di permukaan bumi. Merupakan gelombang transversal yang memiliki arah getar tegak lurus dengan arah penjarannya. Gelombang ini memiliki waktu perambatan yang lebih lama dari pada gelombang P sehingga akan tercatat setelah gelombang P pada alat seismometer. Gelombang S tidak dapat merambat di medium cair. Persamaan dari kecepatan gelombang S adalah :

$$V_p = \beta = \frac{\sqrt{\mu}}{\rho}$$

dimana V_s adalah kecepatan gelombang S, μ adalah modulus geser dan ρ adalah densitas batuan.

Simulasi pergerakan gelombang badan (**Gambar 3**). Gelombang ini menyebabkan gerakan partikel-partikel media dalam arah tangensial terhadap arah penjalaran gelombang. Bila arah getar gelombang S terpolarisir pada bidang vertikal maka gelombang tipe ini disebut gelombang SV. Sedangkan bila arah getarnya terpolarisir pada bidang horisontal maka gelombang ini disebut gelombang SH (Munadi, 2002).



Gambar 3. Simulasi Gerakan Gelombang P dan S (Munadi, 2002).

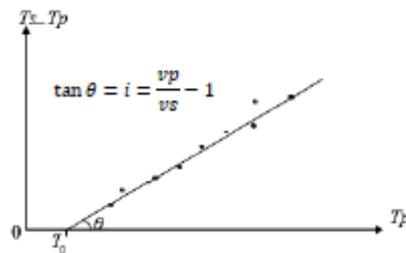
Gelombang Permukaan (Surface wave). Gelombang permukaan adalah jenis gelombang seismik yang hanya merambat di permukaan bumi. Amplitudo gelombang ini akan semakin melemah jika semakin masuk ke dalam bumi. Gelombang ini dapat disamakan dengan gelombang air yang mengalir di atas permukaan bumi, gerakannya lebih lambat dibandingkan gelombang badan. Ada dua tipe Gelombang Permukaan, yaitu gelombang *Love* dan Gelombang *Rayleigh*.

2.4 Parameter Sumber Gempa

Setiap kejadian gempabumi akan menghasilkan informasi seismik berupa rekaman sinyal berbentuk gelombang yang setelah melalui proses manual atau non manual akan menjadi data bacaan fase. Informasi seismik selanjutnya mengalami proses pengumpulan, pengolahan dan analisis sehingga menjadi parameter gempabumi. Parameter gempabumi tersebut meliputi :

Waktu terjadinya gempa (Origin time). *Origin time* atau waktu terjadinya gempabumi merupakan waktu dimana pelepasan energi pertama kali terjadi pada lempeng tektonik bumi yang mengalami tekanan akibat tumbukan atau gesekan dan

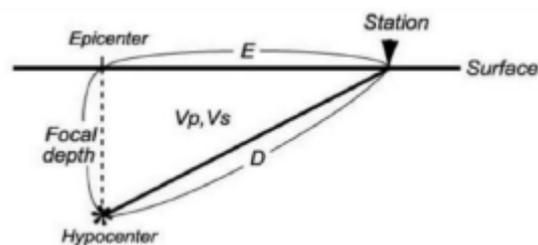
dinyatakan dalam hari, tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik dalam satuan UTC (*Universal Time Coordinated*). Pada umumnya, *Origin time* ditentukan dari perpotongan garis T_p ketika $T_s - T_p$ sama dengan nol (**Gambar 4**).



Gambar 4. Diagram Wadati (Hurukawa, 2008).

T_p adalah waktu tiba gelombang P, T_s adalah waktu tiba gelombang S, T_o adalah *origin time*, V_p adalah kecepatan gelombang P dan V_s adalah kecepatan gelombang S. Diagram Wadati ini tidak memperhatikan model struktur dalam bumi, sehingga hanya mengasumsikan struktur bumi yang bersifat homogen. Hasil *origin time* ini menunjukkan hiposenter yang kurang akurat sehingga harus dilakukan relokasi ulang untuk mengetahui hiposenter yang lebih akurat dengan struktur bumi yang heterogen. Umumnya, BMKG menggunakan pendekatan SED (*Single Event Determination*) yang mengasumsikan *origin time* dekat dengan stasiun pencatat.

Hiposenter. Hiposenter merupakan pusat gempa bumi yang berada di dalam permukaan bumi. Untuk memudahkan terkadang hiposenter diasumsikan sebagai sebuah titik, namun pada kenyataannya hiposenter merupakan sebuah bidang yang luasnya tergantung pada besarnya energi yang dilepaskan. Penentuan hiposenter juga dapat menggunakan diagram Wadati, dengan mengasumsikan bahwa lapisan bumi adalah homogen (**Gambar 5**).



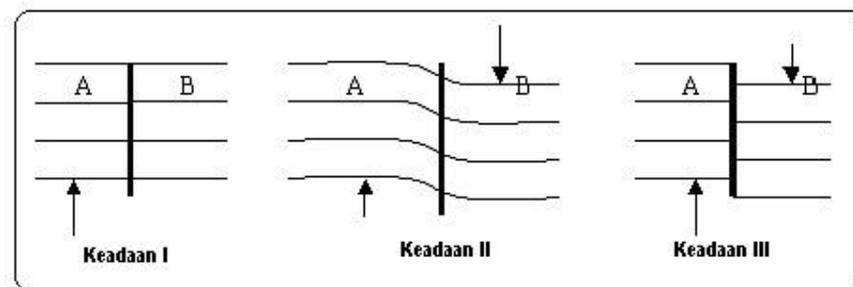
Gambar 5. Jarak Hiposenter (Hurukawa, 2008).

Episenter. Episenter merupakan titik di permukaan bumi yang merupakan reflektifitas tegak lurus dari hiposenter. Lokasi episenter dibuat dalam koordinat kartesian bola bumi atau sistem koordinat geografis dan dinyatakan dalam derajat lintang dan bujur.

Magnitudo. Ukuran dari kekuatan gempa disebut magnitudo, yaitu parameter gempa yang mengukur besarnya energi gempa yang dilepaskan dari sumbernya. Jadi pengukuran magnitudo yang dilakukan di tempat yang berbeda harus menghasilkan harga yang sama walaupun gempa yang dirasakan di tempat - tempat tersebut tentu berbeda. Satuan yang dipakai adalah Skala Richter.

2.5 Teori *Elastic Rebound*

Elastic Rebound Theory yang dikemukakan oleh seorang seismologist Amerika bernama H.F Rheid menjelaskan proses terjadinya gempabumi (**Gambar 6**).



Gambar 6. Model *Elastic Rebound* (Subardjo dan Ibrahim, 2004)

Pada keadaan I menunjukkan suatu lapisan yang belum terjadi perubahan bentuk geologi. Karena di dalam bumi terjadi gerakan yang terus-menerus, maka akan terdapat *stress* yang lama kelamaan akan terakumulasi dan mampu merubah bentuk geologi dari lapisan batuan. Keadaan II yakni suatu lapisan batuan telah mengandung *stress* dimana telah terjadi perubahan bentuk geologi. Untuk daerah A mendapat *stress* ke atas, dan daerah B mendapat *stress* ke bawah. Proses ini berjalan terus hingga *stress* yang dikandung di daerah ini cukup besar untuk merubahnya menjadi gesekan antara daerah A dan daerah B. Suatu ketika karena lapisan batuan sudah tidak mampu lagi untuk menahan *stress*, maka akan terjadi suatu perpindahan massa batuan secara tiba-tiba berupa patahan yang melepaskan gelombang seismik. Pada keadaan III menunjukkan lapisan batuan yang sudah patah. Gerakan perlahan-lahan sesar ini akan berjalan terus, sehingga seluruh proses di atas akan diulangi lagi dan sebuah gempa akan terjadi lagi setelah beberapa waktu lamanya.

2.6 Pergerakan Lempeng Tektonik

Pergerakan lempeng tektonik terbagi atas 3 zona (Awaludin, 2011) yang terdapat pada yaitu :

Zona divergen adalah pergerakan dua buah lempeng tektonik atau lebih yang bergerak saling menjauh satu sama lainnya yang mengakibatkan material mantel naik keatas atau terjadi pergerakan mantel (*mantle convection*) membentuk lantai samudra (*sea floor spreading*). Pada zona ini juga terdapat pegunungan bawah laut

(*mid oceanic ridge*). Pergerakan mantel ini terjadi karena adanya pendinginan dari atas dan pemanasan dari bawah sehingga mantel akan bergerak keatas. Aktivitas semacam ini menimbulkan gempa tektonik dangkal dan gempa vulkanik.

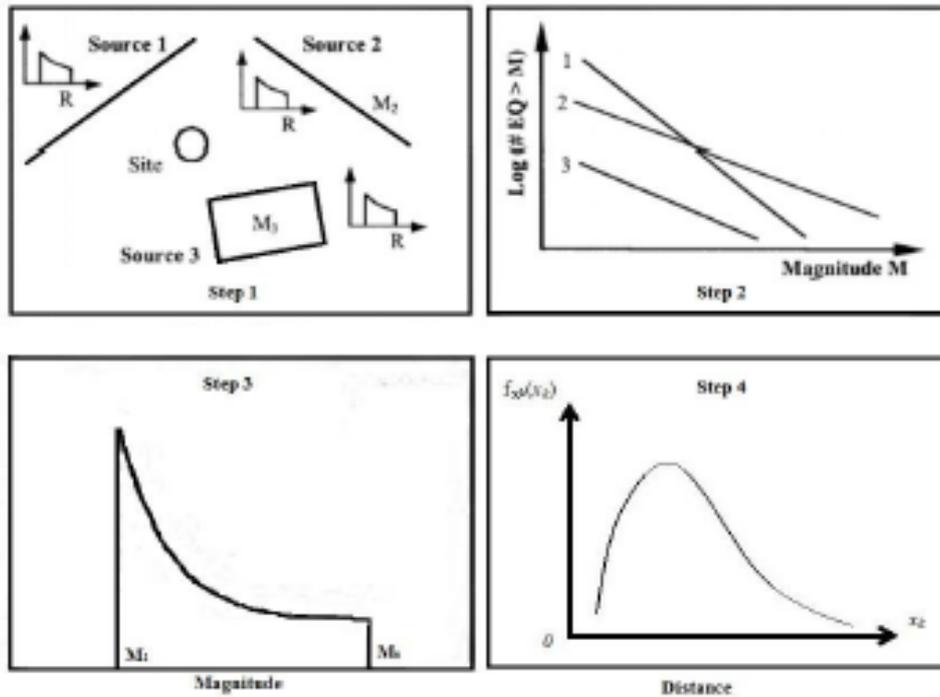
Zona konvergen merupakan pergerakan dua lempeng tektonik yang bergerak relatif saling mendekati. Zona konvergen juga ditandai dengan adanya penghancuran materi-materi lempeng, sehingga zona ini disebut zona destruktif. Zona konvergen terbagi dua, yaitu : Zona tumbukan merupakan pertemuan dua lempeng dengan berat jenis sama yang bergerak relatif saling mendekati. Tumbukan ini menghasilkan pegunungan lipatan seperti Pegunungan Himalaya dan Pegunungan Andes. Aktifitas lempeng seperti ini menimbulkan gempa tektonik dangkal dan gempa vulkanik. Zona Subduksi merupakan pertemuan dua lempeng tektonik yang mempunyai berat jenis berbeda dan bergerak relatif saling mendekati sehingga lempeng yang lebih berat menyusup atau menujam ke bawah lempeng yang lebih ringan. Zona ini ditandai dengan adanya palung laut atau *trench* sebagai batas pertemuan kedua lempeng. Selain itu, pada zona subduksi juga terdapat rangkaian gunung api yang sejajar *trench* sebagai akibat dari melelehnya lempeng yang menujam pada kedalaman 100-400 km. aktifitas ini mengakibatkan terjadinya gempa tektonik dangkal, menengah dan dalam serta gempa vulkanik.

Zona transform merupakan daerah singgungan dua lempeng yang bergerak relatif sejajar dan berlawanan arah sehingga pada batas kedua lempeng ini terjadi gesekan. Aktivitas ini sering menimbulkan gempa dangkal dan bersifat merusak.

2.7 PSHA (Probabilistic Seismik Hazard Analysis)

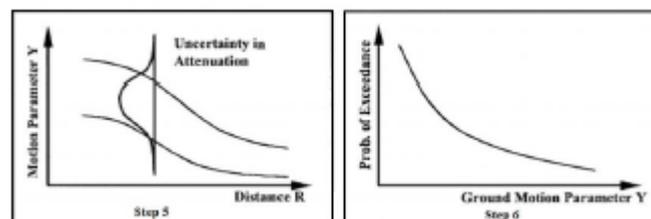
Metode PSHA adalah metode analisis bahaya gempa probabilistik dengan memperhitungkan dan menggabungkan ketidakpastian dari magnitudo, lokasi, dan waktu kejadian gempa. Hasil analisis ini berupa probabilitas parameter gempa pada tingkat selesainya periode tertentu. (Reiter, 1990) mengusulkan tahapan analisis gempa probabilistik untuk *Peak Ground Acceleration* (PGA) sebagai berikut (**Gambar 7**).

1. Identifikasi sumber-sumber gempa yang mempengaruhi suatu lokasi, mengkarakterisasi sumber gempa tersebut, dan membuat model sumber gempa;
2. Menghitung parameter seismik untuk setiap sumber gempa, diantaranya seperti a-b parameter atau hubungan antara magnitudo dan jumlah kejadian berdasarkan data historis;
3. Menghitung probabilitas magnitudo (berdasarkan parameter dari poin nomor 2);
4. Memperhitungkan distribusi probabilitas jarak (berdasarkan parameter dari poin nomor 1, dibantu dengan data-data pengukuran dan pencitraan);



Gambar 7. Tahap 1-4 dari Analisis Risiko Gempa Probabilistik PGA : Bentuk Kurva Seismik Hazard dan Aplikasinya pada Perkiraan Desain PGA untuk Periode Waktu dan Probabilitas Kejadian (Reiter, 1990).

5. Menghitung percepatan maksimum pada suatu lokasi akibat kejadian gempa yang mungkin terjadi pada setiap titik sumber gempa dengan berbagai magnitudo yang mungkin terjadi. Langkah ini ditentukan dengan menggunakan fungsi atenuasi dengan memasukkan pula ketidakpastiannya.
6. Menentukan ketidakpastian kejadian gempa, besaran, dan prediksi percepatan maksimum lokasi untuk menghasilkan probabilitas terlampauinya percepatan dimaksud dalam jangka waktu tertentu (**Gambar 8**).



Gambar 8. Tahap 5 dan 6 proses Analisis Gempa Probabilistik untuk PGA: Bentuk Kurva Seismik Hazard dan Aplikasinya pada Perkiraan Desain PGAd untuk Periode Waktu T_d dan Probabilitas Kejadian P_d (Reiter, 1990).

Menghitung ancaman gempa berdasarkan kumpulan hasil semua kejadian gempa dan *ground motion* yang mungkin terjadi di masa datang adalah merupakan konsep dasar PSHA. Namun, sumbangan *hazard* terbesar pada site dari analisis

kemungkinan besaran magnitudo (M) dan jarak (R) ke sumber gempa tertentu tidak terlihat dalam PSHA. Pada kondisi seperti ini PSHA menjadi kurang lengkap memberikan informasi tentang M dan R yang dominan dan tunggal. Namun pada satu sisi, analisis PSHA menguntungkan karena berbagai asumsi tentang sumber gempa potensial dan keberulangan kejadian gempa diintegrasikan menjadi satu.

Proses kalkulasi bahaya guncangan gempa untuk peta gempa nasional 2017 menggunakan metode PSHA yang dikembangkan oleh (Cornell, 1968) kemudian dilanjutkan oleh (Merz dan Cornell, 1973). Model dan konsep analisis ini tetap dipakai sampai sekarang. Namun, model analisis dan teknik perhitungannya yang terus dikembangkan oleh EERI *Committee on Seismic Risk* memiliki empat tahap, yaitu a) identifikasi sumber gempa, b) karakterisasi sumber gempa, c) pemilihan fungsi atenuasi, dan d) perhitungan hazard gempa.

2.8 Sumber Gempa Bumi

1. Sumber Gempa Bumi Sesar

Sumber gempabumi sesar (*fault*) merupakan sumber kejadian gempabumi yang diakibatkan oleh adanya pergerakan sesar atau patahan yang terdapat di dalam bumi. Sesar-sesar yang digunakan sebagai sumber gempabumi adalah sesar-sesar yang telah teridentifikasi dengan baik. Parameter-parameter yang digunakan sebagai input sumber gempabumi sesar adalah: jejak sesar (*fault trace*), mekanisme pergerakan, *slip-rate*, *dip*, panjang sesar, dan lebar sesar. (Pusat Gempa Nasional, 2017).

2. Sumber Gempa Background

Model sumber gempabumi *background* dibuat karena pada daerah yang ditinjau tidak terdapat data *seismogenic*-nya namun di daerah tersebut terdapat kejadian gempabumi. Kejadian gempabumi yang terjadi di daerah *background* biasanya adalah gempa-gempa kecil sampai gempa-gempa sedang. Model yang digunakan untuk model sumber gempabumi *background* ini adalah model *gridded* yang berdasar pada laju gempabumi (*earthquake rate*) secara *spatially smoothed*. Model ini memprediksi kemungkinan gempabumi yang lebih besar akan terjadi disekitar daerah yang pernah terjadi gempabumi dengan magnitudo kecil hingga sedang. Pada pengolahan menggunakan *software Z-map*, dipisahkan sumber gempabumi subduksi dan *fault* sehingga yang didapat berupa gempabumi *background*. model *gridded* ini dalam analisisnya dibagi dalam lima interval kedalaman yaitu: *shallow background source* (0-50km), dan *deep background source* (50-100km), (100-150km), (150-200km) dan (200-300km) (Bella, 2008).

3. Sumber Gempabumi Subduksi

Zona subduksi merupakan zona yang bersifat konvergen dan terdapat pada batas antar lempeng. Subduksi terjadi akibat adanya perbedaan masa jenis antara kedua lempeng, dimana lempeng samudera mempunyai masa jenis yang lebih besar dibanding lempeng benua, sehingga lempeng samudera akan menujam dibawah lempeng benua. Sumber gempabumi subduksi adalah model sumber gempabumi yang didapatkan dari data seismotektonik yang telah teridentifikasi dengan baik. Parameter dari sumber gempabumi subduksi berupa *rate*, nilai a-b, batas kedalaman area subduksi, serta *longitude* dan *latitude* daerah subduksi. Batas kedalaman maksimum untuk sumber gempabumi subduksi adalah 50 km. Pada gempabumi > 50 km termasuk dalam gempabumi zona *benioff* diwakili sebagai sumber gempabumi *deep background* (PUSGEN, 2017). Subduksi *interface* atau *megathrust* yang banyak mempengaruhi nilai kegempabumian adalah nilai magnitudo maksimum, parameter a-b serta besarnya M_{max} historis.

2.9 Fungsi Atenuasi Pada Metode PSHA

Menurut Tim Revisi Gempa Indonesia (2010), dalam pemilihan fungsi atenuasi harus berdasarkan pada kondisi tektonik daerah Indonesia. Namun, dikarenakan wilayah Indonesia belum mempunyai fungsi atenuasi sendiri, maka digunakan fungsi atenuasi yang diturunkan dari wilayah lain. Fungsi atenuasi yang digunakan dalam studi ini menggunakan *Next Generation Attenuation* (NGA) dimana persamaan ini menggunakan data gempabumi global (*worldwide data*). Secara umum fungsi atenuasi dibagi menjadi 3 kategori:

Sumber gempabumi *shallow crustal*, untuk model sumber gempabumi *fault* dan *shallow background*:

1. Boore-Atkinson NGA. (Boore dan Atkinson, 2008)
2. Campbell-Bozorgnia NGA. (Campbell dan Bozorgnia, 2008)
3. Chiou-Youngs NGA. (Chiou dan Youngs, 2008)

Sumber gempabumi Benioff (*deep intraslab*), untuk model sumber gempabumi *deep background*:

1. AB *intraslab seismicity Cascadia region BC-rock condition*. (Atkinson-Boore, Cascadia 2003)
2. *Geomatrix slab seismicity rock*, 1997 srl. July 25 2006. (Youngs et al., 1997)
3. AB 2003 *intraslab seismicity worldwide data region BC-rock condition*. (Atkinson-Boore, Worldwide 2003).

Sumber gempabumi subduksi *interface* (*Megathrust*), untuk model sumber gempabumi subduksi:

1. *Geomatrix subduction* (Youngs et al., SRL, 1997)

2. *Atkinson-Boore BC rock and global source subduction.* (Atkinson dan Boore, 2003)
3. *Zhao et al., with variable Vs-30.* (Zhao et al., 2006).

2.10 Parameter *a-b value*

Nilai *a* berhubungan dengan nilai indeks seismisitas. Semakin besar nilai *a*, maka tingkat seismisitas di daerah tersebut tinggi dan magnitudo yang dihasilkan relatif rendah begitu sebaliknya. Nilai *b* berhubungan dengan kerentanan batuan. Semakin kecil nilai *b* disuatu wilayah mengindikasikan bahwa daerah tersebut berpotensi terjadi gempa bumi dengan magnitudo besar, dikarenakan adanya *stress* yang tinggi di daerah tersebut. Apabila nilai *b* tinggi, maka *stress* di daerah tersebut dikategorikan rendah, sehingga berpotensi terjadinya gempa bumi dengan magnitudo kecil dan mayoritas terjadi gempa bumi menengah dan dalam. Kategori nilai *a-b value* dapat diklasifikasikan menjadi 3 (**Tabel. 2**)

Tabel 2. Klasifikasi Nilai *a-b value* (Wiemer dan Wyss, 1997)

	Rendah	Sedang	Tinggi
Nilai-a	3-5	6-8	>8
Nilai-b	0,4 – 0,8	0,9-1,2	>1,2

III. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan pada periode Januari 2020 – Juni 2021 (**Tabel 3**). Pengambilan data dilakukan di BMKG PGR VI, Stasiun Geofisika kelas I Silaing Bawah Padang Panjang. Kegiatan pengolahan dan penyusunan skripsi dilanjutkan di Lingkungan Kampus Universitas Jambi.

Tabel 3. Jadwal Pelaksanaan

Kegiatan	Des		Jan – Feb				Mar - Okt				Nov - Des				Jan – Jun			
	III	IV	I	II	III	IV												
Studi <i>literature</i>	■																	
Pengambilan Data			■															
Pengolahan data							■											
Analisis & Interpretasi Data											■							
Penyusunan Skripsi	■																	

3.2 Data dan Peralatan

Adapun bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Data Katalog Gempa

Data yang berisikan mengenai informasi koordinat episenter, kedalaman, magnitudo dan waktu kejadian gempa untuk wilayah daerah penelitian dengan batasan tertentu yang diperoleh dari katalog BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) mulai tahun 1914 – 2020.

2. Shapefile Polygon Daerah Penelitian

Shapefile polygon daerah penelitian digunakan untuk pembuatan peta.

3. Peta Geologi

Peta geologi yang digunakan disesuaikan dengan daerah penelitian. Peta ini digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini, analisis dan interpretasi data.

3.3 Software Yang Digunakan

1. Arcgis

Aplikasi yang digunakan untuk mengolah peta misalnya pembuatan *layout* peta PGA.

2. Microsoft *office*

Aplikasi yang digunakan untuk mengelola data, misalnya pengolahan data dengan kalkulasi menggunakan Mc. *Excel*, penulisan analisis dengan Mc. *Word* dan media penyedia presentasi seperti Mc. *Powerpoint*.

3. Matlab

Bahasa pemrograman untuk menjalankan aplikasi Zmap.

4. *Software* Zmap

Aplikasi untuk melakukan pemisahan gempa berdasarkan beberapa kedalaman dan menghasilkan nilai parameter *a-b value*.

5. *Software* USGS - PSHA

Aplikasi untuk melakukan dan memproses data gempa hingga menghasilkan nilai percepatan getaran tanah maksimum beserta spektra analisisnya.

6. Notepad ++

Bahasa pemrograman untuk menulis koding sebagai data masukkan untuk menjalankan perintah di *Software* USGS – PSHA.

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi terhadap data katalog gempa bumi yang berisikan mengenai informasi posisi episenter gempa, magnitudo, kedalaman serta waktu terjadinya gempa dengan melakukan proyeksi data episenter gempa beserta koordinatnya ke dalam sebuah peta. Analisis dan evaluasi bahaya gempa bumi di daerah penelitian dilakukan dengan menerapkan metode *probabilistic seismic hazard* atau PSHA. Kemudian, parameter yang didapatkan berupa nilai PGA dan SA. Parameter tersebut dicocokkan terhadap keadaan di lapangan dengan menggunakan data spasial.

3.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan penelitian dapat dilakukan dengan tahapan - tahapan penelitian sebagai berikut:

3.5.1 Persiapan

Persiapan yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah mencari *literature*, informasi yang mendukung sebagai studi kepustakaan serta pengumpulan data penunjang lainnya. Studi kepustakaan dapat diperoleh dari skripsi, jurnal, *bulletin*, artikel dan segala bentuk penulisan yang telah dilakukan seperti penelitian sebelumnya dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Pencarian *literature* yang berkaitan dengan penelitian mengenai penentuan karakteristik sesar di daerah penelitian. Informasi umum mengenai daerah penelitian diantaranya seperti geologi regional yang mencakup fisiografi, kondisi geologi regional dan struktur regional pada daerah penelitian. Kemudian mencari studi pustaka yang menunjang penelitian

diantaranya seperti data citra satelit sebagai data tambahan dalam pembuatan peta zonasi bahaya gempa bumi.

3.5.2 Pengolahan Data

Analisis Seismisitas Dengan Melihat Persebaran Episenter di Lokasi Penelitian

Langkah awal dari penelitian ini ialah mengasumsikan episenter yang berada dekat daerah penelitian sebagai sumber dari gempa yang terjadi di daerah penelitian. Jadi untuk data episenter yang digunakan merupakan data katalog gempa bumi yang dihimpun dari tahun 1907 – Februari 2020. Dengan luasan data gempa yang digunakan berada pada jangkauan koordinat di $1,573^{\circ}$ – $2,446^{\circ}$ LS $101,079^{\circ}$ – $101,886^{\circ}$ BT. Skala Magnitudo yang digunakan adalah Mw 2 – 9. Jadi data episenter gempa pada daerah penelitian tercatat dimulai dari tahun 1914 – 2020 dengan 2622 event gempa.

PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis*)

a. Pemisahan *Mainshock* dan *Foreshock*

Gempa – gempa di dalam katalog harus diidentifikasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk analisis PSHA. Analisis yang dilakukan adalah untuk mengambil gempa yang bersifat sebagai gempa *mainshock* atau gempa utama dimana data gempa utama digunakan sebagai parameter input untuk melakukan pengolahan PSHA. Pemisahan gempa utama dan susulan menggunakan *decluster* gempa dalam program Zmap.

b. Penentuan Model Sumber Gempabumi (*Seismic Source*)

Model Sumber gempabumi yang digunakan dalam metode PSHA dibagi menjadi beberapa, diantaranya:

Sumber gempa bumi sesar yang diasumsikan dekat dengan daerah lokasi penelitian digunakan sebagai data masukkan ke dalam software PSHA, data tersebut berisikan nama segmen, *type*, *dip*, geometri sesar, laju pergerakan sesar dan *magnitudo* tertinggi gempa yang diakibatkan oleh pergerakan sesar tersebut (**Tabel 4**).

Tabel 4. Parameter Sumber Gempabumi Akibat Sesar di Daerah Penelitian

<i>No</i>	<i>Segmen</i>	<i>Type</i>	<i>Dip</i>	<i>Length (km)</i>	<i>Wide (km)</i>	<i>Mmax Geodetic</i>	<i>Sliprate Geodetic</i>
1	Suliti	SS	~90	95	20	7.2	14
2	Siulak	SS	~90	70	20	7.1	14
3	Dikit	SS	~90	60	20	7.1	11

Sumber gempabumi *background* dibuat karena pada daerah yang ditinjau tidak terdapat data *seismogenic*-nya namun di daerah tersebut terdapat kejadian gempabumi. Pada pengolahan menggunakan *software Z-map*, dipisahkan sumber gempabumi subduksi dan *fault* sehingga yang didapat berupa gempabumi *background*. model *gridded* ini dalam analisisnya dibagi dalam lima interval kedalaman yaitu: *shallow background source* (0-50km), dan *deep background source* (50-100km), (100-150km), (150-200km) dan (200-300km).

c. Parameter a-b value (Seismik Source Characterization).

Pengolahan nilai a-b *value* dapat dilakukan dengan menggunakan *software Zmap Guttenberg-Richter* 1944. Nilai a-b *value* dilakukan perkedalaman sumber gempa yang telah dikategorikan untuk mendapatkan nilai indeks seismisitas dan parameter seismotektonik.

d. Analisis Seismik Hazard.

Analisis seismik *hazard* dilakukan dengan menggunakan *software PSHA – USGS*. *Software USGS PSHA* merupakan *software* yang dikembangkan oleh USGS di Golden Colorado pertama kali pada tahun 1970 untuk membantu melakukan perhitungan analisis *seismik hazard* yang bersifat *open source*. *Software* ini dikembangkan dengan bahasa *Fotran 77* sampai *Fotran 95* dengan tujuan agar mudah dikembangkan kembali dan memiliki kecepatan yang cukup tinggi dalam proses analisis. Data yang dimasukkan ke dalam pengolahannya dilakukan secara bertahap sesuai sumber gempa. Hasil dari pengolahan ini meliputi perhitungan PGA dan respon spektra di batuan dasar untuk probabilitas tertentu sesuai dengan teori probabilistik.

e. Analisis Daerah Bahaya Gempa Bumi

Analisis daerah rawan bencana gempa bumi dilakukan sesuai dengan gambaran kondisi dilapangan. Data dikombinasikan menggunakan aplikasi Arcgis. Data yang dikombinasikan yaitu peta percepatan gerakan tanah maksimum dan spektra dengan probabilitas yang ditentukan dengan data spasial yang memiliki atribut yang menginformasikan penggunaan lahan pemukiman yang padat dan berdasarkan dari sejarah gempa terdahulu dimana daerah tersebut menjadi daerah yang terparah akan dampak dari gempa bumi.

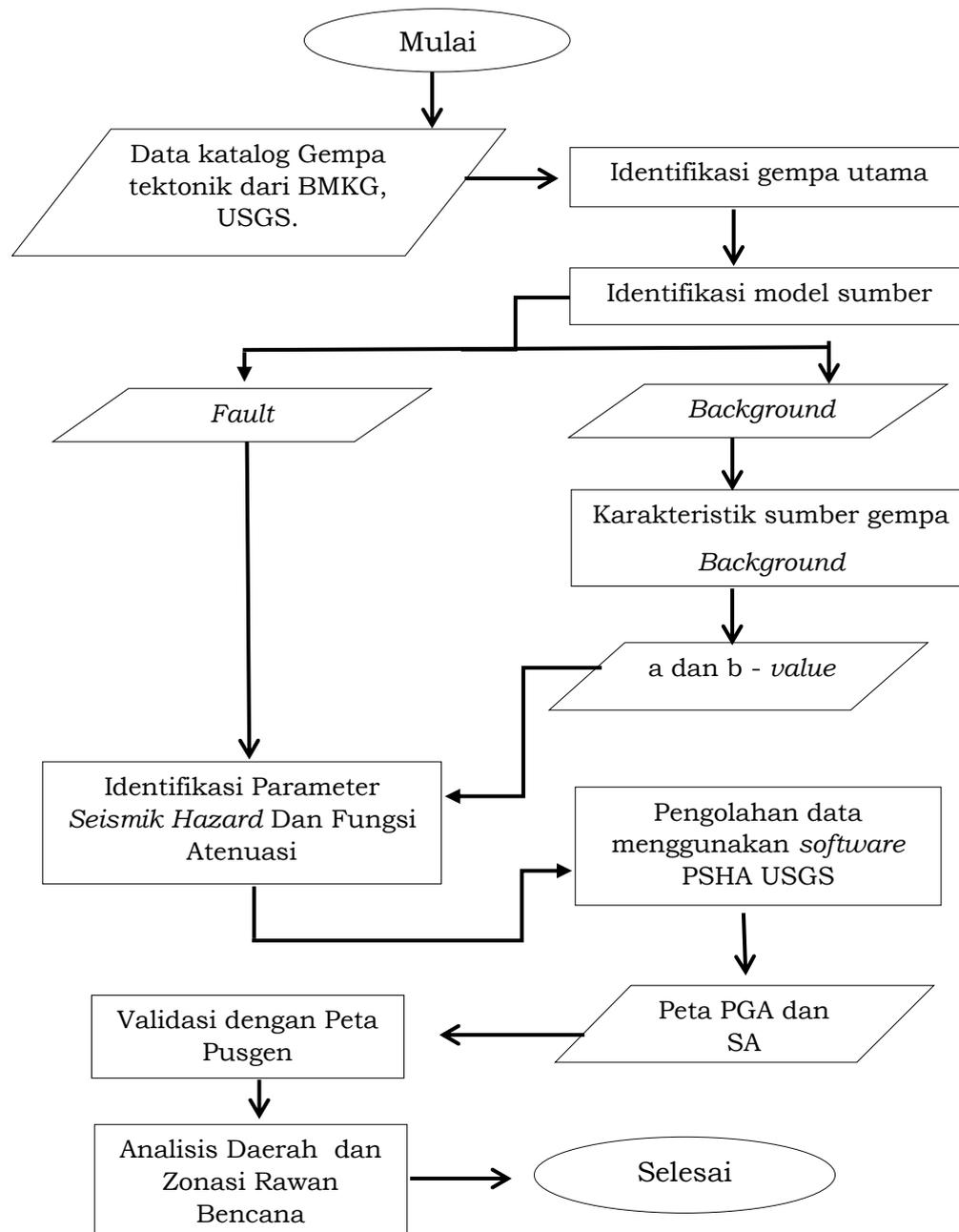
3.5.3 Interpretasi Hasil

Interpretasi merupakan suatu tahapan dimana keseluruhan data telah dianalisis dan kemudian disimpulkan. Pada tahapan ini menjelaskan secara rinci mengenai hasil yang didapatkan setelah melakukan PSHA Selain itu data pendukung

lain disertakan dalam interpretasi diantaranya peta geologi regional, kepadatan penduduk dan pemukiman dari citra satelit sehingga mendukung hasil dari analisis.

3.5 Diagram Alir Penelitian

Data yang dihimpun dalam penelitian ini berupa data katalog gempa yang didapatkan dari database BMKG, data sesar dari PUSGEN 2017 dan peta dasar penelitian dari Ina-Geoportal diolah untuk didapatkan nilai dan penggambaran dari analisis seismisitas dan percepatan getaran tanah maksimum. Secara lebih ringkasnya pengolahan dilakukan dengan beberapa tahapan (**Gambar. 9**).



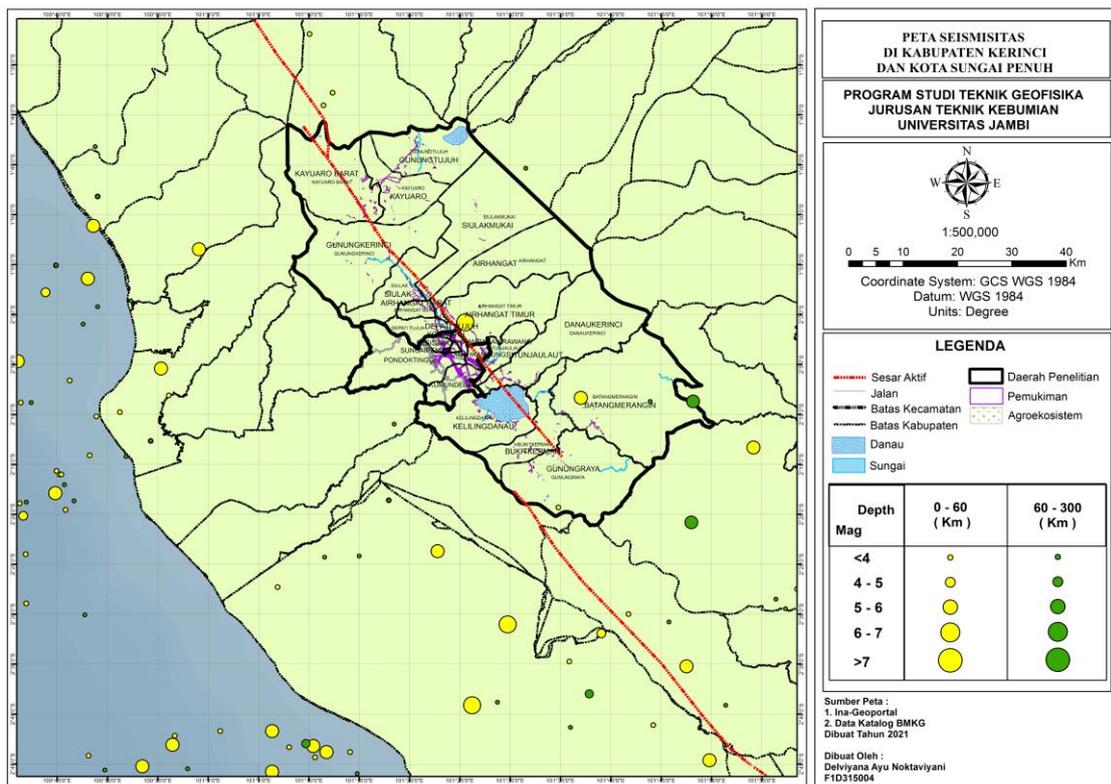
Gambar 9. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persebaran episenter dari data katalog gempa bumi pada daerah penelitian terdapat 2622 *event* gempa. Keseluruhan gempa terjadi pada tahun 1914 – 2020. Seismisitas merupakan persebaran dari gempa utama (*mainshock*). Dari keseluruhan *event* gempa yang ada ditemukan gempa utama sebanyak 243 *event*. Gempa utama terjadi di beberapa kedalaman. Gempa utama yang terjadi pada kedalaman dangkal sebanyak 167 *event* dengan magnitudo $M < 4 - > 7$, kedalaman menengah sebanyak 77 *event* dengan magnitudo $M < 4 - > 7$ dan kedalaman yang lebih dalam tidak ditemukan adanya *event* gempa. Seismisitas di daerah Kerinci dan Sungai Penuh sekitarnya berasal dari sumber gempa yang terdapat pada daerah tersebut (**Gambar. 10**). Gempa – gempa tersebut dapat berasal dari sumber gempa sesar dan *background*.

Sumber gempa *background* diindikasikan sebagai sumber gempa yang belum diketahui sumber penyebab terjadinya gempa. Biasanya letaknya diantara maupun hampir berdekatan dengan sumber gempa sesar maupun *megathrust*. Sumber gempa sesar yang mengakibatkan adanya aktifitas gempa bumi didaratkan terjadi karena daerah tersebut dilewati oleh segmentasi Sesar Semangko yaitu Sesar Suliti, Siulak dan Dikit. Sumber gempa sesar yang menjadi penyebab daerah Kerinci dan Sungai penuh sekitarnya mengalami aktifitas tektonik yang relatif aktif dan rawan akan bencana gempa bumi dibuktikan dari hasil penelitian yang dilakukan oleh pusat gempa nasional tahun 2017. Penelitian tersebut menyatakan bahwa sumber gempa sesar yang diakibatkan oleh Sesar Suliti, Dikit dan Siulak memiliki pergeseran relatif aktif bearah mengangan dengan laju pergeseran sesarnya rata – rata 14 mm/ tahun.

Setelah diketahui sumber – sumber gempa yang mengakibatkan suatu daerah dapat mengalami gempa bumi, maka setiap sumber gempa masing – masing memiliki nilai indeks seismisitas dan parameter seismotektonik atau yang dikenal dengan nilai *a – b value*. Nilai *a – b value* untuk sumber sesar telah diketahui hasilnya dari penelitian pusat gempa nasional tahun 2017. Jadi untuk nilai *a – b value* dari sumber gempa *background* dihasilkan dari hasil pengolahan pada metode PSHA. Nilai *a – b value* diklasifikasikan menjadi beberapa kedalaman (**Tabel.5**). Nilai *a – b value* yang didapatkan pada penelitian ini berada pada *zona shallow background* (SB), *deep background* 1 (DB1) dan *deep background* 3 (DB3 (**Gambar. 11**)).

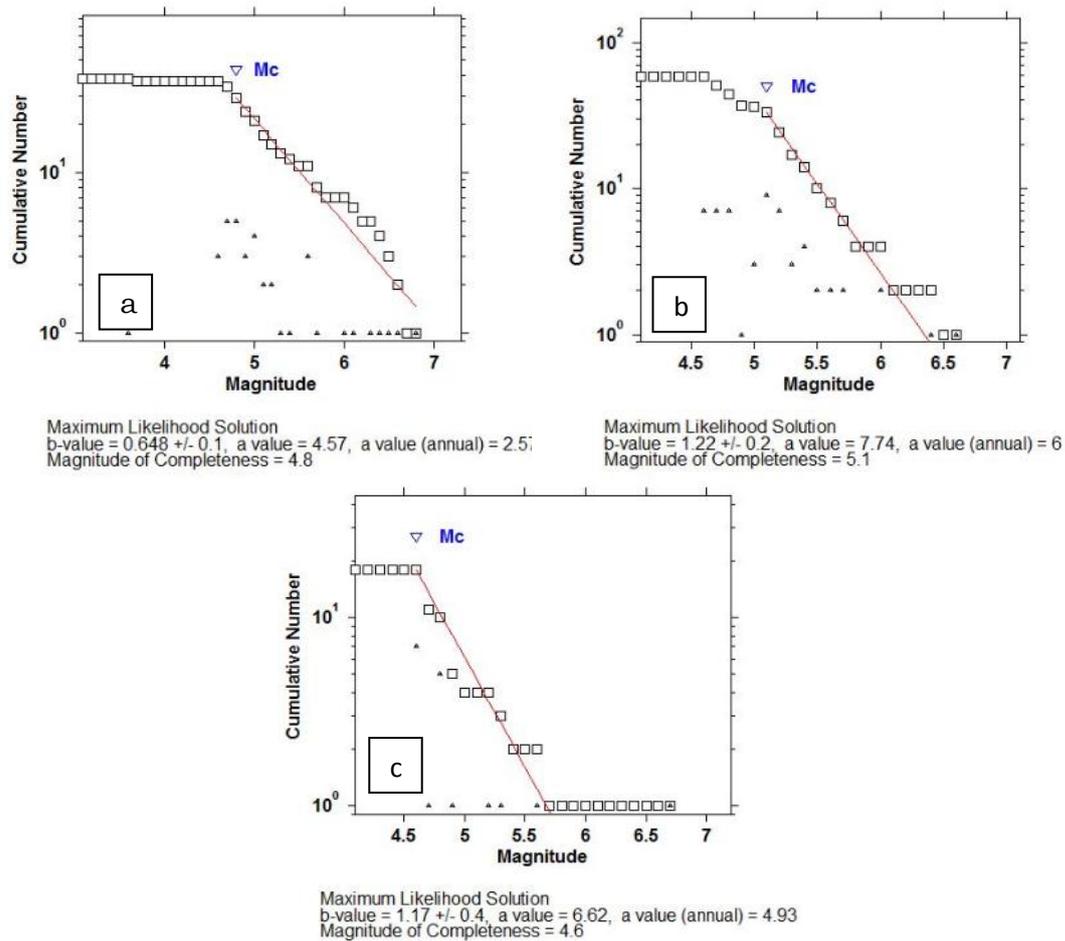


Gambar 10. Peta Seismisitas Keseluruhan Event Gempa

Berdasarkan klasifikasi oleh Wiemer dan Wyss pada tahun 1997, nilai $a - b$ value dapat diklasifikasikan menjadi 3 kategori yaitu rendah, sedang dan tinggi. Zona *Shallow background* terindikasi nilai $a - b$ value yang relatif kecil sebesar 4,57 dan nilai $b - value$ sebesar 0,648. Nilai a value yang relatif kecil mengindikasikan bahwa wilayah tersebut terdapat aktifitas gempa bumi yang relatif rendah. Hal ini dapat dibuktikan dari *event* gempa bumi yang terjadi hanya 18 *event*. Nilai $b - value$ pada zona ini relatif rendah mengindikasikan tingkat *stress* yang tinggi terjadi pada zona ini. Tingkat *stress* yang tinggi diakibatkan adanya akumulasi energi dalam jumlah besar. Jadi, nilai $a - b$ value yang rendah pada daerah tersebut menggambarkan peluang pada zona ini akan mengalami gempa bumi dengan megnitudo yang besar pada masa yang akan datang.

Tabel 5 . Nilai $a - b$ value gempa *background*

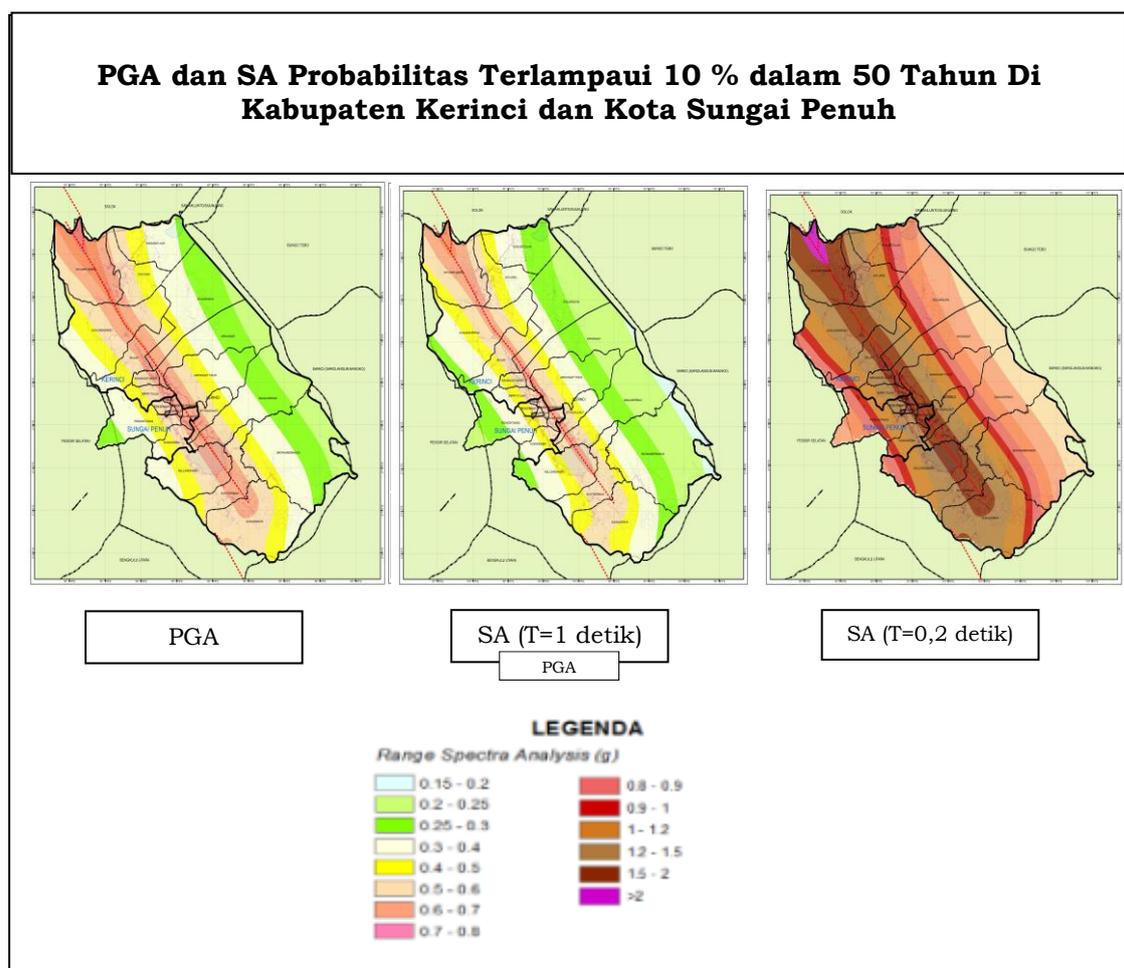
Depth	a value	b value
Shallow Background	4,57	0,648
Deep Background 1	7,74	1,22
Deep Background 3	6,62	1,17



Gambar 11 . Nilai a-b value untuk beberapa kedalaman (a) *Shallow Background* 0-50 km; (b) *Deep Background* 50-100 Km; (c) *Deep Background* 150-200 Km.

Zona *deep background* pertama dengan estimasi kedalaman 50 – 100 km memiliki nilai a – b value kategori relatif tinggi (**Gambar.11**). Nilai a value yang relatif tinggi sebesar 7,74 menggambarkan bahwa pada zona ini terjadi aktifitas seismik yang relatif tinggi atau aktif. Aktifitas seismik yang relatif tinggi dibuktikan dari gempa bumi yang terjadi pada zona ini sebanyak 58 *event* gempa. Aktifitas gempa yang relatif aktif mengakibatkan terjadi pelepasan energi sedikit – demi sedikit sehingga tidak terjadi pengumpulan energi. Nilai b value pada zona ini tergolong relatif tinggi juga sebesar 1,22. Nilai b – value yang tinggi mengindikasikan tingkat *stress* batuan yang rendah. Jadi nilai a – b value yang tergolong relatif tinggi dapat menjelaskan bahwa pada zona ini sangatlah aktif dengan aktifitas gempa. Maka dapat diprediksi pada zona ini akan mengalami gempa bumi dengan magnitudo yang kecil.

Nilai a- b *value* pada zona *deep background* ketiga dengan kedalaman berkisar 150 – 200 km tergolong relatif sedang ke tinggi. Nilai a *value* sebesar 6,62 tergolong relatif sedang ke tinggi mengindikasikan bahwa pada zona ini aktifitas seismik relatif aktif dibuktikan dari kejadian gempa sebanyak 38 *event* seperti pada zona *deep background* pertama. Aktifitas seismik yang relatif aktif diakibatkan karena pelepasan energi yang terus – menerus. Energi yang dikeluarkan terus – menerus akan berdampak dengan kekuatan gempa yang dihasilkan bermagnitudo relatif kecil. Selain itu, pelepasan energi yang dilakukan terus – menerus menjadikan batuan pada zona ini memiliki tingkat *stress* yang rendah karena akumulasi energi tidak terjadi. Berdasarkan teori yang ada, nilai b – *value* yang tinggi berkorelasi dengan tingkat *stress* batuan yang rendah. Maka, dari hal tersebutlah sesuai dengan hasil yang didapatkan bahwa nilai b *value* pada zona ini relatif tinggi sebesar 1,17.



Gambar 12. PGA dan SA untuk probabilitas 10% dalam 50 Tahun di Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh.

Penerapan metode PSHA dalam penelitian ini menghasilkan nilai *peak ground acceleration* (PGA) dan *spectral acceleration* (SA) dibatuan dasar ($V_s = 760$ m/s) dengan probabilitas terlampaui sebesar 10% dalam 50 tahun. Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh memiliki nilai PGA yang tergolong relatif sedang – tinggi dengan rentang nilai sebesar 0,2 – 0,9 g (**Gambar. 12**). Nilai tertinggi sebesar 0,9 g berada pada jalur segmentasi sesar semangko. Pada proyeksi peta, nilai *range* PGA tertinggi ditunjukkan oleh kontur berwarna merah kemudian dan nilai *range* terendah ditunjukkan oleh kontur berwarna hijau muda. Hampir keseluruhan Kecamatan yang ada di Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh berada dalam kawasan dengan nilai PGA yang relatif sedang – tinggi (**Tabel. 6**).

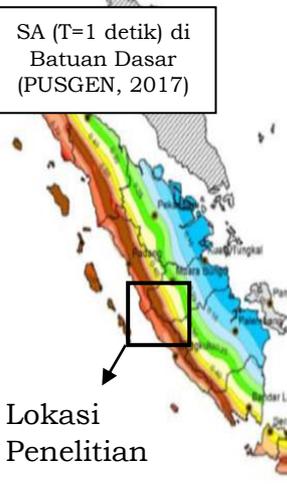
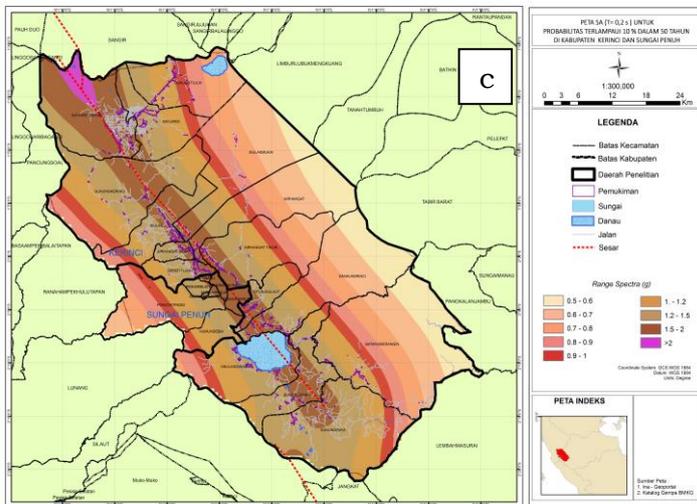
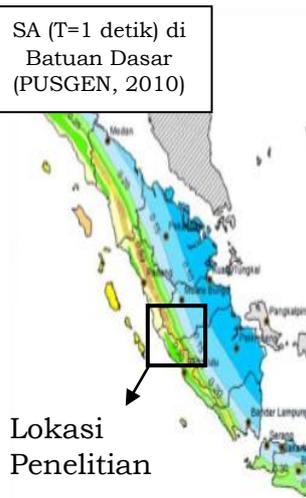
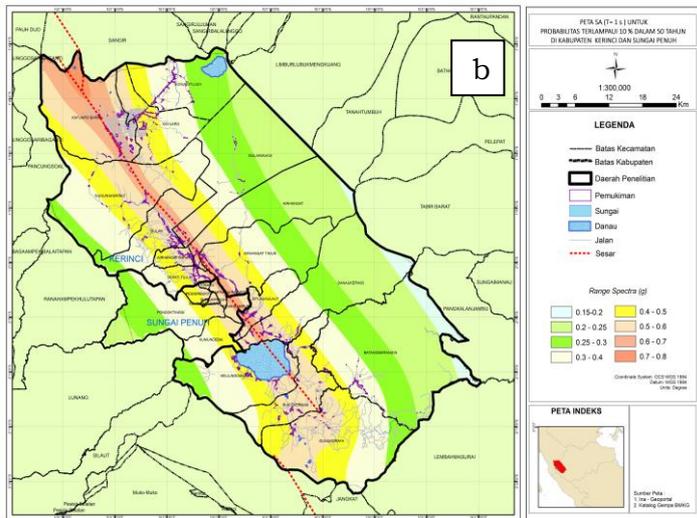
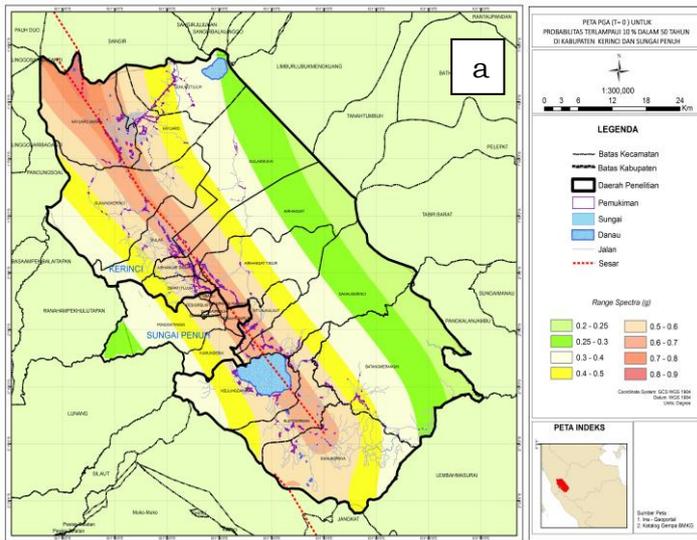
Tabel 6. Hasil PSHA Per-Kecamatan di Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh

No	Nama Kecamatan	PGA (T=0 detik)	SA (T=0,2 detik)	SA (T=1 detik)
1	Air Hangat	0,2 – 0,7 g	0,5 – 2 g	0,15 – 0,7 g
2	Air Hangat Barat	0,4 – 0,7 g	0,8 – 2 g	0,3 – 0,6 g
3	Air Hangat Timur	0,25 – 0,7 g	0,5 – 2 g	0,2 – 0,7 g
4	Batang Merangin	0,25 – 0,6 g	0,5 – 1,2 g	0,15 – 0,4 g
5	Danau Kerinci	0,2 – 0,7 g	0,5 – 2 g	0,15 – 0,7 g
6	Depati Tujuh	0,3 – 0,6 g	0,9 – 2 g	0,3 – 0,7 g
7	Kayu Aro	0,3 – 0,7 g	0,8 – 2 g	0,25 – 0,7 g
8	Kayu Aro Barat	0,5 – 0,9 g	1,2 – 2 g	0,4 – 0,9 g
9	Keliling Danau	0,3 – 0,7 g	0,6 – 2 g	0,25 – 0,7 g
10	Sitinjau Laut	0,3 – 0,7 g	0,9 – 2 g	0,3 – 0,7 g
11	Siulak	0,3 – 0,7 g	0,8 – 2 g	0,3 – 0,7 g
12	Siulak Mukai	0,2 – 0,8 g	0,5 – 2 g	0,2 – 0,7 g
13	Hamparan Rawang	0,6 – 0,8 g	1,5 – 2 g	0,5 – 0,7 g
14	Koto Baru	0,6 – 0,8 g	1,2 – 2 g	0,5 – 0,7 g
15	Kumun Debai	0,3 – 0,7 g	0,8 – 2 g	0,25 – 0,6 g
16	Pesisir Bukit	0,4 – 0,7 g	1 – 2 g	0,4 – 0,6 g
17	Pondok Tinggi	0,25 – 0,7 g	0,6 – 2 g	0,25 – 0,6 g
18	Gunung Tujuh	0,25 – 0,6 g	0,5 – 1,2 g	0,2 – 0,5 g
19	Sungai Penuh	0,25 – 0,7 g	0,6 – 2 g	0,25 – 0,6 g
20	Tanah Kampung	0,7 – 0,8 g	1,5 – 2 g	0,5 – 0,7 g
21	Gunung Kerinci	0,3 – 0,8 g	0,8 – 2 g	0,25 – 0,7 g
22	Gunung Raya	0,3 – 0,7 g	0,6 – 2 g	0,25 – 0,5 g

Nilai *spectra acceleration* (SA) dapat menjelaskan mengenai pengaruh kekuatan gempa terhadap konstruksi bangunan di atasnya. Digunakan 2 parameter *spectra acceleration* dengan perbedaannya berada pada periode gelombang gempa bumi (**Gambar.12**). Periode yang digunakan sebesar 0,2 detik dan 1 detik. Hasil yang didapatkan pada *spectra acceleration* (SA) untuk $T = 1$ detik memiliki rentang nilai tergolong relatif sedang – tinggi. Hasil nilai SA $T = 1$ detik memiliki kontur dengan nilai *range* yang hampir sama dengan PGA. Dimana kontur tertinggi ditunjukkan berwarna merah kemudian berada di jalur segmentasi sesar semangko. *Spectra acceleration* $T = 0,2$ detik terklasifikasi dengan *range* nilai yang relatif sangat tinggi mencapai >2 g. Nilai tertinggi berada dekat dengan sumber gempa yaitu segmentasi sesar semangko. Semakin menjauh dari sumber gempa sesar, nilai *range* SA $T = 2$ detik semakin menurun.

Berdasarkan hasil nilai PSHA yang didapatkan, bahwa hampir keseluruhan daerah Kerinci dan Sungai Penuh tergolong berbahaya dari efek yang ditimbulkan pasca bencana gempa bumi. Nilai yang didapatkan dengan penerapan metode PSHA tersebut sesuai dengan teori PSHA. Teori PSHA menyatakan bahwa nilai *peak ground acceleration* dan *spectra acceleration* yang dihasilkan dipengaruhi oleh jarak sumber gempa bumi. Jadi dari peta yang memproyeksikan *range* nilai PGA dan SA relatif tinggi berada di sepanjang jalur segmentasi sesar semangko. Kesimpulannya daerah ini rawan akan bencana gempa bumi dikarenakan jaraknya yang dekat dengan sumber gempa sesar.

Nilai PGA dan SA yang dihasilkan dari penelitian ini jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh pusat gempa nasional (PUSGEN) tahun 2017 memiliki perbedaan. Perbedaan tersebut diantaranya yaitu nilai PGA (**Gambar. 13.a**) dan SA $T = 1$ (**Gambar. 13.b**) detik hasil penelitian memiliki *range* lebih kecil dibandingkan hasil dari PUSGEN. Sedangkan nilai SA $T = 0,2$ detik (**Gambar. 13.c**) hasil penelitian didapatkan *range* yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi diasumsikan karena beberapa faktor. Diantaranya yaitu penggunaan data terbaru yang belum termasuk ke dalam pengolahan dan parameter sumber gempa yang lebih banyak digunakan PUSGEN karena jangkauan daerah penelitiannya berskala global.



Gambar 13. a) Peta PGA di Batuan Dasar hasil penelitian dan dari (PUSGEN, 2017) ; b) Peta SA (T=1 detik) dan dari (PUSGEN, 2010); c) Peta SA (T = 0,2 detik) hasil pengolahan dan Peta SA Di Batuan Dasar (T = 0,2 detik) dari (PUSGEN, 2017).

Nilai PGA dan SA yang didapatkan dengan metode PSHA dapat diterapkan untuk melakukan zonasi terhadap daerah – daerah yang rawan akan mengalami kerusakan infrastruktur akibat goncangan gempa. Daerah rawan akan bencana pasca gempa bumi dapat diketahui rawan kerusakannya berdasarkan kepadatan infrastruktur di permukaan. Maka dari itu, zonasi daerah rawan bencana gempa bumi menggunakan data spasial berupa persebaran pemukiman, fasilitas umum dan wilayah perkantoran. Dari data spasial tersebut kemudian di *overlay* dengan peta PGA dan SA untuk melihat apakah daerah rapat pemukiman memiliki tingkat rawan dampak gempa bumi atau aman.

Berdasarkan sejarah ke gempa yang pernah terjadi di sekitar daerah penelitian pada tahun 1995, gempa bumi tektonik yang terjadi mengakibatkan kerusakan yang berat di lima Kecamatan yang memiliki pemukiman yang rapat. Kecamatan tersebut adalah Kecamatan Gunung Kerinci, Air Hangat, Sungai Penuh, Sitinjau Laut dan Danau Kerinci (**Tabel. 7**).

Tabel 7. Daftar Kecamatan Terdampak Bencana Gempa Bumi Kerinci 1995

No	Nama Kecamatan	Bangunan Rumah		
		Rusak Berat	Rusak Ringan	Jumlah
1	Gunung Kerinci	1.539	2.682	4.221
2	Air Hangat	2.122	2.079	4.201
3	Sungai Penuh	567	1.003	1.570
4	Sitinjau Laut	1.813	2.215	4.028
5	Danau Kerinci	878	2.078	2.956

Persebaran nilai PGA dan SA yang tinggi dari hasil penelitian, ketika dilakukan *overlay* terhadap daerah rapat pemukiman. Maka, didapatkan hasil bahwa daerah pemukiman yang dekat dengan sumber gempa sesar rawan akan bencana dan dampak gempa bumi. Secara umum daerah rawan bencana dan dampak gempa bumi yang relatif tinggi meliputi hampir keseluruhan Kecamatan yang ada di Kabupaten Kerinci dan Kota Sungai Penuh termasuk 5 Kecamatan yang dahulu pernah mengalami kerusakan yang berat. Kecamatan yang relatif aman dari dampak bencana gempa bumi berada pada Kecamatan Batang Merangin dan Gunung Tujuh.

Kecamatan Gunung Kerinci dengan pemukiman yang rapat akan penduduk memiliki sejarah kerusakan terbesar akibat dampak bencana gempa bumi. Nilai PGA tergolong relatif sedang dengan rentang nilai 0,5 -0,6 g dan SA yang dimiliki berada pada rentang nilai sedang – tinggi yaitu pada SA T=0,2 detik sebesar 1,2 – 1,5 g. Desa – desa yang memiliki nilai rentang PGA dan SA tertinggi di Kecamatan Gunung Kerinci adalah Kelurahan Siulak Detas, Siulak Tenang, Siulak Deras Mudik, Sungai Batu Gantih dan Simpang Tutup. Daerah ini tergolong ke dalam daerah rawan

bencana gempa bumi dikarenakan beberapa faktor, diantaranya yaitu rapat akan pemukiman penduduk dan dilewati oleh Segmentasi Sesar Semangko.

Kecamatan Air Hangat dan Sitinjau Laut menempati posisi kedua dan ketiga dalam Kecamatan yang mengalami kerusakan besar akibat gempa bumi. Nilai PGA yang berkisar di rentang nilai 0,5 – 0,6 g tergolong relatif sedang dan SA T=0,2 detik tergolong tinggi dengan rentang nilai 1,2 – 1,5 g menjadikan daerah ini rawan akan gempa bumi. Desa – desa yang memiliki nilai PGA dan SA tertinggi dan diprediksi mengalami kerusakan parah apabila terjadi gempa di Kecamatan Air Hangat adalah Kampung Tengah, Kota Limau Manis, Maliki Air, Koto Dian, Larik Kemahan, Koto Beringin, Kampung Dalam dan Kampung Diilir. Sedangkan untuk desa yang berada di Kecamatan Sitinjau Laut yaitu Kumun Hilir, Kumun Mudik, Sandaran Gale, Pinggir Air, Debai, Tanjung Pauh Mudik, Bunga Tanjung, Tanjung Karang, Koto Panas, Desa Sembilan dan Dusun Baru Debai. Kerawanan dampak bencana gempa bumi juga diprediksi tinggi karena daerah ini memiliki pembangunan pemukiman dan fasilitas umum yang rapat. Serta didukung dengan kondisi tektonik dimana daerah tersebut dilewati oleh segmentasi sesar semangko. Faktor pendukung lain kerusakan berat dapat terjadi karena pada Kecamatan ini berada pada formasi *Alluvial*. Formasi *Alluvial* merupakan formasi yang tersusun dari litologi batuan yang sifatnya lunak, endapan lepas dan tidak kompak. Jadi, ketika suatu permukaan tersusun dari batuan yang tidak kompak mengalami guncangan gempa bumi maka benda – benda yang berdiri di atasnya akan mengalami kerusakan.

Kecamatan Danau Kerinci dan Sungai Penuh menjadi Kecamatan terakhir yang mengalami kerusakan besar akibat bencana gempa bumi 1995. Kerusakan berat yang terjadi pada masa lampau dikarenakan kedua Kecamatan yang rapat akan pemukiman ini berada di segmentasi Sesar Semangko. Selain itu Kecamatan ini juga berada pada Formasi Kumun, Formasi *Alluvial* dan tersusun oleh batuan *Quarternary Volcanic*. Meski Kecamatan tersebut berada di atas Formasi *Quarternary Volcanic* yang dikenal dengan kekompakan batuan yang asal batumannya berasal dari produk gunung api, diasumsikan formasi lain yang menyebabkan kerusakan besar terjadi yaitu Formasi Kumun dan Formasi *Alluvial*. Desa – desa yang memiliki nilai PGA dan SA tertinggi diprediksi akan mengalami kerusakan berat jika terjadi gempa bumi. Desa – desa yang rawan akan terjadinya gempa bumi dan berdampak besar pasca gempa di Kecamatan Danau Kerinci yaitu Punai Merindu, Tanjung Pauh Mudik, Tanjung Pauh Hilir, Pondok Siguang, Ujung Pasir, Kota Petai, dan Koto Salak. Sedangkan untuk desa – desa di Kecamatan Sungai Penuh yaitu desa Koto Teluk, Kampung Diilir, Sumur Anyir, Kelurahan Sungai Penuh, Koto Bento, Kelurahan Dusun Baru, Simpang Tiga Rawang, Kumun Mudik, Desa Gedang, Lawang Agung.

Jadi, Hasil dari penelitian ini berupa peta rawan bencana gempa bumi tektonik berdasarkan nilai PGA dan SA hasil dari metode PSHA. Pengaplikasian peta ini bertujuan sebagai langkah mitigasi lainnya contohnya seperti memperkuat struktur bangunan atau membangun infrastruktur yang telah berstandar SNI di area rawan bencana gempa bumi, membangun fasilitas umum yang penting diluar zona rawan gempa bumi dan apabila memungkinkan segera menghindari bermukim atau bertempat tinggal di daerah yang rawan akan bencana gempa bumi.

Penting diketahui bahwa nilai PGA yang tergolong relatif sedang dan nilai SA yang relatif tinggi menjadi acuan suatu daerah dikhawatirkan dimasa yang akan datang masih akan mengalami guncangan gempa bumi yang besar beserta efeknya. Selain berdasarkan parameter seismologi, keadaan kondisi geologi di lapangan juga mempengaruhi efek yang ditimbulkan terhadap bangunan ketika terjadi gempa bumi tektonik. Selain dua faktor utama tersebut, faktor lain yang berpengaruh terhadap dampak pasca gempa bumi tektonik ialah yang mengakibatkan kerusakan berat pada bangunan ialah dari kontruksi bangunan itu sendiri.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh memiliki nilai *Peak ground acceleration* (PGA) $T = 0$ detik dengan klasifikasi relatif sedang – tinggi dengan rentang nilai sebesar $0,2 - 0,9$ g, *Spektra Acceleration* (SA) $T = 1$ detik dengan klasifikasi relatif sedang - tinggi dengan rentang nilai $0,2 - 0,8$ g dan SA $T = 2$ detik dengan klasifikasi relatif tinggi dengan rentang nilai $0,5 - >2$ g.
2. Didapatkan nilai PGA, Spektra Analisis $T = 1$ detik dan $T = 2$ detik dari hasil pengolahan bernilai lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengolahan PUSGEN pada nilai PGA dan SA $T = 1$ detik dan bernilai lebih besar untuk SA $T = 2$ detik.
3. Daerah yang rawan akan dampak bencana gempa bumi di daerah Kabupaten Kerinci dan Sungai Penuh yaitu Kecamatan Air Hangat, Gunung Kerinci, Sitinjau Laut, Sungai Penuh dan Danau Kerinci. Sedangkan daerah yang relatif aman terletak pada Kecamatan Gunung Tujuh dan Batang Merangin.

5.2 Saran

Pemetaan daerah rawan bencana gempa bumi agar lebih lengkap informasi yang didapat dibutuhkan metode lain untuk pemetaannya berdasarkan parameter yang berbeda. Parameter berbeda dapat dihasilkan dari metode lain contohnya menggunakan pendekatan metode *Deterministik Seismik hazard Analysis* (DSHA), mikrotremor dan perhitungan kekuatan ketahanan infrastruktur bangunan untuk melakukan zonasi daerah rawan bencana gempa bumi di daerah tersebut. Hasil akhir setelah integrasi beberapa metode menaikkan tingkat level peta. Semakin banyaknya parameter yang digunakan, maka informasi yang dihasilkan akan semakin informative dan detail.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananto. 2016. Prosiding Jurnal Statistika Analisis Resiko Gempa Bumi Di Kabupaten Bantul. Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia.
- Awaluddin, M. 2010. Hitungan Distribusi Slip Gempa Bengkulu Tahun 2007 Dari Data Pengamatan GPS Dengan Teknik Inversi Kuadrat Terkecil. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Bemmelen, V. 1949. *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia*, Vol. IA. The Hague. Netherlands.
- Cornel, C.A. 1968. *Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of the Seismological Society of America*. Vol 58, No.5: 1583-1606.
- Edy, 2011. Studi Hazard Seismik dan Hubungannya Dengan Intensitas Seismik Di Pulau Sumatera dan Sekitarnya. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Fauzi, U.J. 2011. Peta Deagregasi Indonesia Berdasarkan Analisis Probabilitas dengan Sumber Gempa Tiga Dimensi. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Fitch, T. J. 1972. *Plate Convergence, Transcurrent Faults, And Internal Deformation Adjacent To Southeast Asia And The Western Pacific, J. Geophys. Res.*, 77(23), 4432-4460.
- Harjono, H., 1992. Laporan Penelitian Sumenta I, Geoteknologi LIPI.
- Hurukawa, N. 1992. *Geophys. J. Int.*, 109, 639-652. *Subducting oceanic crusts of the Philippine Sea and Pacific plates and weak-zone normal compression in the Kanto district Japan*. Japan.
- Hutapea, 2019. Analisis *Hazard* Gempa dan Usulan Ground Motion Pada batuan Dasar Kota Jakarta. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil. Bandung : ITB.
- Kaisuku, S. R. 2018. Analisis Bahaya Seismik Menggunakan Metode Probabilistik Di Permukaan Pada Daerah Majalengka. Program Diploma IV Geofisika Sekolah Tinggi Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Tangerang Selatan.
- Kemal, B.M., 1993. *La Marge active au Nord Ouest de Sumatra. Mécanisme géodynamique de transfert liés à la subduction oblique*. Paris : Thèse de l'Université Paris.
- Kumala, S. A, 2018. Analisis PGA (*Peak Ground Acceleration*) Berdasarkan Data Gempa Untuk Wilayah Jakarta Timur Menggunakan Software PSHA. Faktor Exacta 11 (4): 379-384, 2018. p-ISSN: 1979-276X. e- ISSN: 2502-339X.
- Kurniawan, R.. 2017. Pemetaan Ground Acceleration Menggunakan Metode Probabilistic Seismic Hazard Analysis Di Propinsi Nusa Tenggara Baratpada Zona *Megathrust*. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan

- (SENATIK). Vol. III, 21 Desember 2017, P-ISSN: 2337-3881, E-ISSN: 2528-1666.
- McCaffrey, R., Genrich, J. F., Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Stevens, C. W., Puntodewo, S.S. O., Subarya, C. & Wdowinski, S. 2000. *Distribution of slip at the northern Sumatran fault system*. *J. Geophys. Res.* 105, B12, 28327–28341, doi:10.1029/2000JB900158.
- McGuire R.K., 1995. *Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes: Closing the Loop*, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 85, No. 5, pp 1275- 1284, October.
- Merz, H. A., and C. A. Cornell. 1973. *Seismic risk based on a quadratic magnitude frequency law*, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 63, 1999–2006.
- Munadi, S., 2002. *Pengolahan Data Seismik Prinsip Dasar dan Metodologi*. Depok : Universitas Indonesia.
- Natawidjaja, D. H., And W. Triyoso. 2007. *The Sumatran Fault Zone—From Source To Hazard*, *J. Earthq. Tsunami*, 1(01), 21–47.
- Newcomb, K. R., And W. R. Mccann. 1987. *Seismic History And Seismotectonic Of The Sunda Arc*, *J. Geophys. Res.*, 92(B1), 421–439.
- Nugraha. 2014. *Analisis Hazard Gempa dan Isoleismal Untuk Wilayah Jawa – Bali – NTB*. Bandung : ITB
- Pangaribuan. 2019. *Pendugaan Bahaya Kegempaan di Batuan Dasar Untuk Wilayah Lampung dan Sekitarnya*. Lampung : Universitas Lampung.
- Reiter. 1990. *Earthquake Hazard Analysis – Issues and Insights*, New York: Columbia University Press, 254 pp.
- Sieh, K. & Natawidjaja, D. 2000. *Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia*. *J. Geophys. Res.* 105(28), 295–28, 326.
- Solihin, C. 2018. *Analisis Seismik Hazard Di Wilayah Provinsi Banten Dengan Menggunakan Metode Probabilistic Seismik Hazard Analysis (PSHA)*. Strata – 1 Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. Bandung.
- Subardjo, dan Ibrahim, G. 2004. *Pengetahuan Seismologi*. Jakarta: Badan Meteorologi dan Geofisika.
- Sulastri. 2016. *Pendekatan Probabilistik untuk Penilaian Bahaya Gempabumi Kawasan Universitas Padjajaran Jatinangor*. Prosiding SNG 2016. ISBN : 978-602-1034-45-3.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. 2010. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2010*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Tim Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

- Wiemmer, S., and M. Wyss. 2002. *Mapping Spatial Variability Of The Frequency Magnitudo Distribution Of Earthquakes*, *Adv. Geophy.*, 45, 259 – 302.
- Zen Jr., MT. 1992. *Déformation de l'avant-arc en réponse à une subduction à convergence oblique. Exemple du Sumatra*. Thèse de l'Université Paris 7. Paris.

LAMPIRAN

Data Katalog Gempa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Long	Lat	Year	Month	Day	Mag	Depth	Hour	Min	Sec			
8902	100.889	-4.296	2010	9	5	4.62825	24.6	9	8	5.32			
8903	97.182	1.369	2010	7	13	5.1336	42.9	22	21	5.27			
8904	129.426	-7.136	2010	3	18	4.62825	195.07	14	6	5.13			
8905	122.031	-6.033	2010	11	18	4.9	28.7	17	8	4.92			
8906	141.92	-3.816	2010	4	7	6	29.98	14	33	4.83			
8907	130.029	-6.718	2010	12	8	5.5	175.71	15	31	4.8			
8908	129.543	-7.108	2010	4	18	4.83039	110.4	19	52	4.76			
8909	126.814	6.309	2010	2	26	5.7	116.54	8	37	4.62			
8910	123.564	6.748	2010	8	24	5.2	594.5	20	48	4.61			
8911	127.607	-6.956	2010	12	10	5.2	6.36	17	28	4.6			
8912	99.357	-2.377	2010	10	26	4.7	27.28	20	41	4.58			
8913	99.812	-3.663	2010	10	25	4.72932	10	22	49	4.53			
8914	110.272	-5.765	2010	2	28	4.7	544.4	18	5	4.48			
8915	128.048	-2.892	2010	7	22	5	36.3	4	45	4.44			
8916	133.733	-5.081	2010	9	29	4.72932	10	18	4	4.4			
8917	120.653	0.26	2010	1	24	5.1336	93	23	37	4.26			
8918	126.722	2.411	2010	1	30	4.93146	26	16	37	4.25			
8919	125.704	-2.119	2010	8	14	4.62825	37.2	17	50	4.21			
8920	143.051	-4.533	2010	1	23	4.62825	87	6	0	4.14			
8921	129.2	-7.948	2010	2	27	4.72932	94.55	2	31	4.13			
8922	122.563	-0.659	2010	5	3	5.23467	23.1	23	30	4.08			
8923	123.949	6.729	2010	5	31	6	37.34	10	16	3.83			

Koordinat Segmentasi Sesar

```

File Edit Format View Help
101.157428 -1.685884
101.225677 -1.777642
101.294685 -1.886082
101.342459 -1.934615
101.406101 -2.016414
101.493859 -2.128107
101.585882 -2.237188
inf inf
101.902376 -2.754078
101.935383 -2.777686
102.03459 -2.866613
102.071601 -2.908249
102.150228 -3.006627
102.194968 -3.057832
102.213987 -3.080449
102.249455 -3.112319
102.356801 -3.253163
102.457551 -3.337464
102.487707 -3.37653
102.579547 -3.447809
inf inf
101.504411 -2.29367
101.529273 -2.319568
101.573817 -2.387938
101.619398 -2.444914
101.749923 -2.581655
101.820366 -2.67178
101.865946 -2.725647
101.899401 -2.752499
inf inf
102.309219 -3.257555

```